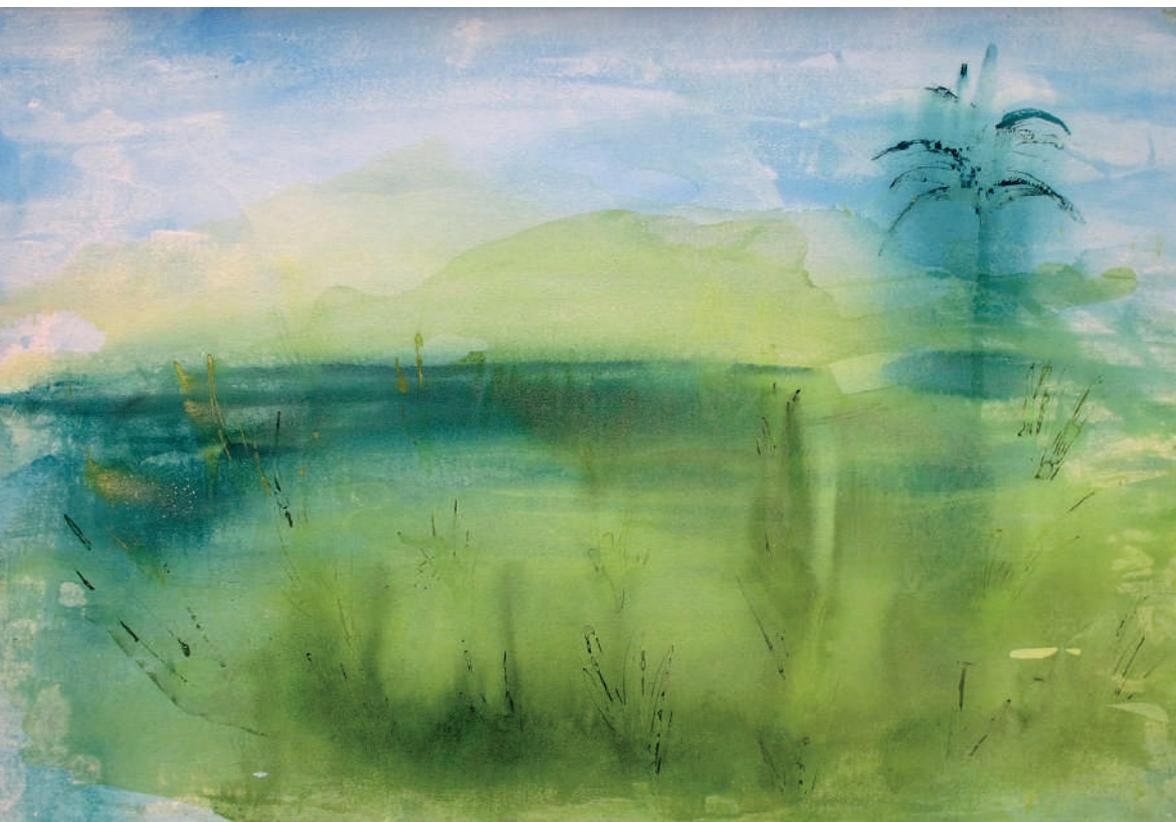


Sous la direction de

SCOTT BARRETT, CARLO CARRARO, JAIME DE MELO

VERS UNE POLITIQUE DU CLIMAT RÉALISTE ET EFFICACE



Sommaire

Remerciements	7
Liste des abréviations	9
Chapitre 1. Introduction — Barrett, Carraro et de Melo	13
PARTIE I. Les défis	37
Chapitre 2. Implications des données scientifiques relatives au climat pour les négociateurs — Stocker	39
Chapitre 3. Au-delà de la limite de 2 °C : faire face aux défis économiques et institutionnels — Edenhofer <i>et al.</i>	54
Chapitre 4. Les négociations sur le climat pour la COP21 — Flannery	70
PARTIE II. La situation vue de différentes régions du monde	81
Chapitre 5. La situation vue de l’Afrique — Mekonnen	83
Chapitre 6. La situation vue de la Chine — Fei	95
Chapitre 7. La situation vue de l’Inde — Somanathan	102
Chapitre 8. La situation vue du Japon — Yamaguchi et Akimoto	108
Chapitre 9. La situation vue de l’Europe — Guesnerie	121
Chapitre 10. La situation vue des États-Unis — Kotchen	129
PARTIE III. Architecture et gouvernance	137
Chapitre 11. Avantages et inconvénients d’instruments juridiques contraignants — Bodansky	139
Chapitre 12. Comparaison des engagements d’atténuation des émissions : indicateurs et institutions — Aldy et Pizer	147
Chapitre 13. Pour un système efficace de mesure, notification et vérification — Wiener	159
Chapitre 14. Après l’échec des mécanismes top down : le rôle d’une gouvernance expérimentale du climat — Victor et Keohane	173
Chapitre 15. Une stratégie modulaire pour faire face au changement climatique — Stewart, Rudyck et Oppenheimer	183
Chapitre 16. Les politiques climatiques et l’OMC : donner une touche verte au GATT — Mavroidis et de Melo	192
PARTIE IV. Les options politiques	203
Chapitre 17. L’approche réglementaire de la politique d’atténuation climatique des États-Unis — Burtraw	205
Chapitre 18. Défis posés par la tarification du carbone — Sterner et Köhlin	214

Chapitre 19. Taxation du carbone: situation actuelle et perspectives — Wang et Murisic	227
Chapitre 20. Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat — Stavins	240
Chapitre 21. Options pour éviter les fuites de carbone — Fischer	250
PARTIE V. Les choix technologiques	263
Chapitre 22. La coopération internationale pour les technologies énergétiques avancées — Toman	265
Chapitre 23. Rôle des énergies renouvelables dans la décarbonisation — Bosetti	275
Chapitre 24. Le captage et stockage du carbone: rêve ou réalité? — Tavoni	287
Chapitre 25. Réduction des émissions ou géo-ingénierie solaire et du carbone? — Barrett et Moreno-Cruz	295
PARTIE VI. Répartition de la charge et développement	303
Chapitre 26. Changement climatique et pauvreté: catastrophes naturelles, incidences agricoles, problèmes sanitaires — Hallegatte <i>et al.</i>	305
Chapitre 27. Pour les pays à faible revenu: adapter les objectifs de lutte contre le changement climatique — Kaudia	323
Chapitre 28. Quel avenir pour la REDD+? — Angelsen	334
Chapitre 29. Réduire les émissions de carbone sans freiner le développement — Collier	348
Chapitre 30. Vers des villes résilientes et bas carbone — Bigio	357
Chapitre 31. Développement et transfert de technologie, conditions nécessaires à un régime climatique viable — Coninck <i>et al.</i>	371
PARTIE VII. Le financement de l'action climatique	383
Chapitre 32. Aspects macroéconomiques de la politique climatique: investissements et flux financiers — Massetti	385
Chapitre 33. Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel » — Buchner et Wilkinson	397
Chapitre 34. Les esprits animaux de la finance au service d'une société décarbonée — Hourcade	408
Chapitre 35. Mesurer la vulnérabilité au changement climatique pour allouer le financement de l'adaptation — Guillaumont	422
Les auteurs	437

Remerciements

Le travail présenté dans cet ouvrage fait partie du programme Environnement, climat, développement de la Ferdi. Il s'appuie sur la participation de nombreux auteurs que nous remercions chaleureusement pour leurs contributions qui reflètent les vues personnelles de leurs auteurs et pas nécessairement celles de leurs organismes d'affiliation ou de la Ferdi.

La préparation de ce livre a bénéficié du support de toute l'équipe de la Ferdi. L'aide et les compétences organisationnelles de Matthieu Boussichas, Kelly Labart et Fabienne Rouanet ont tout particulièrement été appréciées. Un remerciement spécial est adressé à Vincent Nossek pour sa contribution, son inlassable soutien, et sa diligence dans le suivi des auteurs tout au long du projet. Merci à FEEM et à Martina Gambaro qui a aidé à la production de la liste des abréviations et des figures. Enfin un remerciement est également adressé à Anil Shamdasani pour son travail éditorial.

Les directeurs sont également reconnaissants envers Aude Guirauden d'avoir autorisé l'utilisation de l'image figurant sur la couverture.

En tant que partie d'un programme de la Ferdi, ce travail a bénéficié d'une aide de l'État français gérée par l'ANR au titre du programme « investissements d'avenir » portant la référence « ANR-10-LABX-14-01 ».

Liste des abréviations

ACPr	Arrangement commercial préférentiel
AFAUT	Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AOSIS	<i>Alliance of Small Island States</i> ou Alliance des petits États insulaires
APD	Aide publique au développement
APP	<i>Asia-Pacific Partnership</i> ou Partenariat Asie-Pacifique
ASS	Afrique subsaharienne
BASIC	Brésil, Afrique du Sud, Inde et Chine
BECS	Bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone
BMD	Banques Multilatérales de Développement
BND	Banques nationales de développement
BNEF	<i>Bloomberg New Energy Finance</i>
BRICS	<i>Brazil, Russia, India, China, South Africa</i>
CAPC	Centre africain pour les politiques climatiques
CBDR	<i>Common But Differentiated Responsibilities</i> ou Responsabilités Communes mais Différenciées
CC	Certificats carbone
CCL	<i>Climate Change Levy</i> ou Taxe sur le changement climatique
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDN	Contributions déterminées au niveau national
CET	Comité exécutif de la technologie
CGD	<i>Center for Global Development</i>
CMEC	Commission mondiale sur l'économie et le climat
COP	Conférence des Parties
CPF.	<i>Carbon Price Floor</i> ou Prix planché du carbone
CPS	<i>Carbon Price Support</i> ou Soutien du prix du carbone
CRA	<i>Climate Remediation Assets</i>
CRTC	Centre et Réseau des technologies climatiques
CSC	Captage et stockage géologique du carbone
CVDT	Convention de Vienne sur le droit des traités
EBT	Évaluations des besoins technologiques
EIA	<i>Energy Information Administration</i>
EITE	<i>Energy-Intensive, Trade-Exposed industries</i>
EPA	<i>Environment Protection Agency</i> ou Agence de protection de l'environnement
ETS	<i>Emissions Trading Scheme</i>
EVI	<i>Economic vulnerability index</i> ou Indice de vulnérabilité économique
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FIC	Fonds d'investissement pour le climat
FVC	Fonds vert pour le climat

GATT	<i>General Agreement on Tariffs and Trade</i> ou Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce
GCRAI	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
GEF	<i>Global Environment Fund</i> ou Fonds pour l'environnement mondial
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
GRS	Gestion du rayonnement solaire
GSEP	<i>Global Superior Energy Performance Partnership</i>
ICEF	<i>Innovation for Cool Earth Forum</i>
IFD	Institutions de financement du développement
IGCC	<i>Integrated Gasification Combined Cycle</i> ou Centrale à cycle combiné à gazéification intégrée
INDC	<i>Intended Nationally Determined Contributions</i> ou Contributions prévues déterminées au niveau national
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i> ou Agence internationale pour les énergies renouvelables
MDP	Mécanisme de développement propre
MDS	<i>Mitigation delay sensitivity</i>
MEI	Modèles d'évaluation intégrés
MNV	Mesure, notification et vérification
NAMA	<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i> ou Mesures d'atténuation appropriées au niveau national
NAZCA	<i>Non-state Actor Zone for Climate Action</i>
NCE	<i>New Climate Economy</i>
NPF	Nation la plus favorisée
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
ODD	Objectifs de développement durable
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMPI	Organisation mondiale de la propriété intellectuelle
ONG	Organisation non gouvernementale
OPA	Offre publique d'achat
OSC	Organisations de la société civile
PBA	<i>Performance based allocation</i> ou allocation basée sur la performance
PBC	Projet bas carbone
PEID	Petits États insulaires en développement
PFR	Pays à faible revenu
PIB	Produit intérieur brut
PMA	Pays les moins avancés
PMP	Procédés et méthodes de production
PMR	<i>Partnership for Market Readiness</i>
PPA	Parité de pouvoir d'achat

PRITI	Pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure
PVCCI	<i>Physical Vulnerability to Climate Change Index</i> ou Indice de vulnérabilité physique au changement climatique
R&D	Recherche et développement
RCP	<i>Representative Concentration Pathway</i>
REDD	Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement
RGGI	<i>Regional Greenhouse Gas Initiative</i>
SH	Système harmonisé
SPEDE	Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission
TICE	Traité d'interdiction complète des essais nucléaires
USC	<i>Ultra-supercritical central</i> ou Centrales ultra-supercritiques
VBA	<i>Vulnerability based allocation</i>
VCRA	<i>Value of climate resilient activities</i> ou Valeur des activités protectrices du climat
VRC	Valeur du remplacement du carbone
XG	<i>Experimental Governance</i> ou Gouvernance expérimentale

Chapitre 1

Introduction¹

Scott Barrett, Carlo Carraro et Jaime de Melo

À l'occasion de la vingt-et-unième Conférence des Parties (COP21), regroupant les États signataires de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la quasi-totalité des pays du monde se sont réunis, dans une démarche inédite, pour s'engager à réduire ou à maîtriser leurs propres émissions de gaz à effet de serre (GES). Au même moment, des villes, des organisations commerciales et de grandes entreprises s'engagent également à réduire leurs propres émissions. Cette démarche constitue un succès pour les efforts diplomatiques déployés en vue de lutter contre le changement climatique. Cependant, si l'on examine les intentions nationales de contribution (sigle anglais : INDC, *Intended Nationally Determined Contributions*) soumises avant la Conférence, il apparaît que l'accord de Paris devait amener les Parties à prendre des engagements importants dans un avenir proche. Il devait également les inciter à intensifier *réellement* leurs efforts. Ces incitations s'inscrivent dans le cadre des processus de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), mais peuvent aussi avoir d'autres origines, par exemple l'action en cours visant à modifier le protocole de Montréal, afin de limiter les hydrofluorocarbures (HFC). Le régime qui se dessine en vue d'atténuer le changement climatique se compose donc de divers accords, politiques et mesures adoptés à l'échelle locale, régionale et mondiale.

L'accord préparé pour la vingt-et-unième Conférence des Parties (COP21) à Paris est fondé sur une approche où les pays poursuivront des engagements volontaires non contraignants pour des raisons évoquées dans cet ouvrage. Au-delà de l'accord de Paris qui sera revu régulièrement, les inquiétudes se dessinent sur la mise en place des institutions qui seront nécessaires pour effectuer la décarbonisation de notre système énergétique. Ainsi les contributions de cet ouvrage vont-elles bien au-delà de Paris. Elles sont prospectives et indiquent les pistes pouvant conduire à la solution coopérative nécessaire pour ralentir le réchauffement climatique et s'y adapter.

Deux questions retiennent principalement l'attention : les pays comparables prennent-ils des engagements similaires pour limiter leurs émissions ? La somme des engagements aidera-t-elle la communauté internationale à se

.....
1. Nos remerciements à Arild Angelsen, Ottmar Edenhofer, Brian Flannery, Patrick Guillaume, Sylviane Guillaume, Thomas Stocker, David Victor et Mitsutsune Yamaguchi pour leurs précieux commentaires.

rapprocher de son objectif commun ? L'ambition actuelle est d'empêcher un réchauffement de la température mondiale moyenne de plus de 2 °C par rapport à son niveau préindustriel. Cet objectif n'est peut-être déjà plus à notre portée. Il y a plus important, cependant : afin de limiter le réchauffement, il faut soit réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) à zéro, soit éliminer directement le CO₂ de l'atmosphère. Un défi sans précédent pour notre planète.

Dans une perspective *top-down*, l'approche permettant de relever le défi est simple. Pour limiter les concentrations, les émissions futures cumulées devront se maintenir dans un « budget carbone » fixe. Cette perspective réduit les négociations à un jeu d'émissions à somme nulle, où une petite réduction des émissions ici se traduira nécessairement par une réduction plus importante ailleurs. En d'autres termes, la perspective *top down* met en avant l'équité et la justice, en écartant les problèmes d'efficacité et d'efficience. Dans un monde où les États sont souverains, elle ne peut toutefois être mise en œuvre telle quelle. À l'inverse, l'approche *bottom-up* part du postulat que les États agiront vraisemblablement dans l'optique de promouvoir leurs propres intérêts, à moins d'être incités à limiter davantage leurs émissions dans l'intérêt collectif. La difficulté consistera alors à trouver ces mesures d'incitation. Le processus d'évaluation et de vérification négocié en vue de la conférence de Paris est un moyen de les fournir – en créant des possibilités de dénonciation. La méthode de Paris mélange donc les approches *top down* et *bottom up*, en éloignant les pays d'un résultat non coopératif pour les attirer vers un résultat pleinement coopératif.

Toutefois, l'écart entre les deux approches est vaste et difficile à combler. Le résultat non coopératif, fondé sur l'intérêt de chaque partie, présente beaucoup d'attrait, tandis que le résultat idéal, qui exige une profonde coopération, est sans doute hors de portée de nos institutions actuelles. Ce qui est en réalité nécessaire est un régime d'atténuation du changement climatique viable et efficace, plutôt qu'un régime viable et peu efficace (une issue possible de la conférence de Paris) ou un régime efficace, s'il était mis en œuvre, mais politiquement inacceptable (comme le serait tout accord « idéal » sur le climat adoptant une approche *top down*). Le présent ouvrage rassemble plusieurs analyses, idées et propositions sur la manière de concevoir, de bâtir et de maintenir un régime viable et efficace. Les contributions proposent les voies que ce régime climatique en pleine évolution pourrait et devrait emprunter.

Le principal objectif de cet ouvrage est donc de présenter des conseils, des lignes directrices et des recommandations politiques en vue de parvenir à une politique du climat réaliste et efficace. La plupart des chapitres sont consacrés à l'efficacité. Toutefois, un des mérites de ce livre est de fournir également des analyses raisonnables sur l'équité (et donc la viabilité) d'un accord sur le climat. Les problèmes de répartition ne peuvent être négligés ; les pays n'accepteront de réduire leurs propres émissions de GES que s'ils sont convaincus que la charge liée à cet effort est équitablement répartie entre toutes les régions de la planète.

Cet ouvrage est divisé en sept parties. Conçu pour des lecteurs non initiés, chaque chapitre est court, pragmatique et peut être lu séparément. La première partie définit le défi à relever, se centrant sur la science du changement climatique, l'objectif des 2 °C et l'état des négociations sur le climat. La deuxième partie présente le point de vue de plusieurs acteurs importants dans ce domaine : l'Afrique, la Chine, l'Europe, l'Inde, le Japon et les États-Unis. La troisième partie décrit comment en concevant des institutions internationales chargées de mettre en œuvre une action collective significative et efficace il est possible de mettre à contribution les intérêts de tels acteurs. La quatrième partie se concentre sur la conception et la mise en œuvre des politiques. La cinquième partie se penche sur les choix technologiques, non seulement sur la manière dont les politiques peuvent stimuler le développement et la diffusion de technologies essentielles, mais aussi sur les difficultés que peuvent poser certaines technologies (telles que la géo-ingénierie) pour la conception des politiques et des institutions. La sixième partie porte sur les questions de répartition relatives au partage de la charge et au besoin de mesures qui permettent aux pays les plus pauvres de se développer alors même que se dessine un nouvel avenir énergétique pour notre planète. Enfin, la dernière partie examine comment résoudre ces défis au moyen d'un financement approprié.

Partie I. Le défi

Le changement climatique représente un défi monumental pour les politiques (Arrow, 2009). À l'approche de la conférence de Paris (COP21), de nombreux participants et observateurs, tout en étant pleins d'espoirs, craignaient que le nouvel accord ne soit pas à la hauteur de l'« ambition » nécessaire pour stabiliser les concentrations de GES à un niveau sans danger.

Cette inquiétude vis-à-vis de l'avenir est partagée non seulement par la communauté scientifique, mais aussi par le monde des affaires et les dirigeants politiques, ainsi que par les citoyens de la plupart des pays du monde. Si l'on n'en fait pas assez pour limiter les émissions, les conséquences d'un changement climatique se poursuivant au même rythme pourraient se révéler catastrophiques dans de nombreuses régions de la planète. La première partie dresse donc un état des lieux des aspects scientifiques, économiques et stratégiques du changement climatique², dans le but de présenter les enjeux de la conférence de Paris. Elle s'achève sur un résumé de l'état actuel des négociations, à la veille de la conférence.

Le président Obama déclarait récemment que *« les connaissances scientifiques qui se sont accumulées et vérifiées au fil des décennies nous révèlent que*

2. Dans les chapitres suivants, plusieurs contributeurs font allusion à des rapports du GIEC, qui sont parfois les mêmes. Pour gagner de la place, les références en fin de chapitre citent uniquement les principaux coauteurs de chaque publication. Les lecteurs désireux de consulter ces documents dans leur intégralité trouveront leur notice bibliographique complète dans les références de cette introduction.

notre planète change d'une manière qui aura de profondes répercussions sur toute l'humanité »³. C'est ce que confirme Stocker, coprésident du groupe de travail I du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dans le chapitre 2. Les informations solides et rigoureuses issues des évaluations scientifiques menées par le GIEC vont alimenter les négociations complexes visant à atténuer le changement climatique, ses effets et ses risques, notamment ceux qui menacent la subsistance de l'espèce humaine et le fonctionnement des écosystèmes indispensables.

Cependant, le changement climatique ne fait pas seulement peser une menace sur les écosystèmes, les glaciers, les littoraux et les récoltes, il met surtout en danger nos systèmes économiques et nos sociétés. La menace ne concerne pas uniquement les générations futures, elle pose aussi un problème aux générations actuelles. Il est donc essentiel de lutter contre le changement climatique afin de maintenir et d'améliorer le niveau de vie de toutes les populations du monde.

Dans le chapitre 3, Edenhofer, ancien coprésident du groupe de travail III du GIEC, et ses collaborateurs soulignent non seulement les risques et les coûts du changement climatique, mais aussi ceux de l'atténuation, c'est-à-dire de la réduction des émissions de GES en vue de limiter les effets du changement climatique. D'une manière générale, les risques et coûts correspondant aux mesures d'atténuation diffèrent fondamentalement de ceux qui résultent du changement climatique en termes de nature, de durée, d'ampleur et de persistance. L'homme dispose des moyens technologiques pour résoudre le problème. Cela nécessite cependant une mutation à grande échelle de nos modèles de production et de consommation de l'énergie, ainsi que de notre schéma d'utilisation des terres. Retarder encore davantage la mise en œuvre des mesures d'atténuation augmente considérablement la complexité de cette transformation et limite les possibilités d'y parvenir. Par exemple, les retards augmenteront inévitablement les coûts de l'atténuation et imposeront une adoption encore plus importante de technologies de suppression du CO₂ par la suite. Le temps constitue donc un autre défi majeur, même si pour de nombreuses raisons les pays pourraient souhaiter adopter unilatéralement des politiques climatiques, ce qui allonge le processus.

Les retards et l'indécision politique sont examinés par Flannery dans le chapitre 4, qui présente l'état des négociations sur le climat. Les responsables politiques se disent convaincus qu'un accord est possible à Paris, mais la véritable difficulté consiste à concevoir des voies et des procédures d'atténuation progressive dans les années qui suivront la COP21. L'acrimonie et la méfiance résultant de la conférence de Copenhague en 2009 entravent un processus qui doit régler de nombreuses questions complexes et controversées :

- forme juridique de l'accord ;
- respect des obligations ;

3. <https://www.whitehouse.gov/climate-change>

-
- rôle (éventuel) des marchés de GES et des projets de compensation ;
 - droits de propriété intellectuelle ;
 - contrepartie au titre des pertes et des dommages ;
 - transparence et mesures associées :
 - procédures de mesure, de notification, de vérification (MNV) et d'analyse.
- Au-dessus de tout cela, demeure la question de savoir comment exprimer le principe des responsabilités communes mais différenciées (RCMD), de l'atténuation à la notification, en passant par l'analyse et le financement.

Toutefois, certains aspects se cristallisent. Les mesures d'atténuation ne sont pas négociées, mais soumises (au titre des INDC), puis enregistrées. L'aide financière totale semble être définie par l'engagement que les pays développés ont pris à Copenhague, à savoir la mobilisation de 100 milliards de dollars US par an d'ici 2020, sous réserve que le secteur privé apporte une contribution complémentaire à l'aide publique. Par ailleurs, les négociateurs semblent décidés à créer un cadre durable, basé sur des cycles de révision et de renouvellement qui dureront vraisemblablement cinq ou dix ans.

En dépit de ces efforts, il est toutefois peu probable que l'accord de Paris permette au monde de se maintenir « en bonne voie » pour limiter le réchauffement climatique à 2 °C (ou 1,5 °C). Les responsables politiques n'ont commencé à modérer leurs ambitions que depuis peu. Ils devront gérer les attentes de façon réfléchie s'ils veulent éviter l'hostilité de nombreux pays, parties prenantes et médias, et rétablir la confiance en l'efficacité du processus mis en œuvre par la CCNUCC. L'accord de Paris marque simplement une autre étape – primordiale – d'un long parcours. Or, il est crucial de fixer les règles de ce parcours, par le biais d'un suivi, d'une vérification et d'une comparaison des mises en œuvre nationales, au lieu de se plaindre d'un manque d'efficacité de l'accord de Paris. Les contributions de cet ouvrage visent à identifier ce qu'il faudra faire pour que le réchauffement climatique reste en permanence sur l'agenda international.

Partie II. La situation vue de différentes régions

Les perceptions, concernant la pertinence des contributions passées au changement climatique ou des futures obligations, varient beaucoup selon les régions et les pays, de même que les processus politiques dictant la position adoptée par chaque pays dans les négociations. Pour donner un sens à cette diversité, nous avons sollicité les « points de vue » de deux régions et de trois pays, en demandant aux contributeurs de décrire brièvement la position adoptée par leur pays ou région et d'évaluer l'éventail des politiques publiques souhaitables ou réalisables. Reflets de la mosaïque des intérêts propres à chaque pays ou région, ces contributions sont rassemblées dans la deuxième partie.

Si l'Afrique contribue le moins au changement climatique, Mekonnen relève dans le chapitre 5 que c'est également la région qui devrait le plus en pâtir

(en termes relatifs) dans les 10 à 50 années à venir. En effet, entre 50 et 80 % des terres, du bétail et de la population de la région se situent déjà en zones arides, et les populations pauvres sont les plus exposées aux crises climatiques. Sur les 48 pays les moins avancés, les plus vulnérables aux chocs économiques et naturels, 34 se trouvent en Afrique. Constatant que les crises passées liées à des températures extrêmes ont influé sur la productivité agricole uniquement dans les pays à revenu faible, Mekonnen y anticipe un manque de résilience face aux coûts élevés attendus des dommages causés par les températures extrêmes. Les politiques nationales axées sur la croissance devront s'accompagner de mesures d'atténuation qui exploiteront l'avantage lié au fait que l'Afrique n'a entrepris que tardivement la construction des infrastructures nécessaires pour l'urbanisation rapide prévue sur tout le continent. Ainsi l'Afrique devra-t-elle développer des infrastructures peu intensives en émissions de CO₂. La mise en œuvre de ces stratégies demandera des financements externes largement supérieurs aux niveaux d'engagement actuels, qui, au moins pour l'adaptation, devront être alloués en fonction d'indicateurs de vulnérabilité au climat. Mekonnen appelle à un renforcement de la coopération au niveau régional et continental, y compris une participation accrue au « Défi de Lima » lancé par un groupe de pays forestiers tropicaux.

Dans les chapitres 6 et 7, Fei et Somanathan exposent respectivement les priorités nationales orientant les politiques climatiques de la Chine et de l'Inde. Elles se caractérisaient jusqu'à récemment par leur position défensive à l'égard d'un accord international sur le climat, les deux pays étant membres de ce qu'il est convenu d'appeler le groupe des « pays en développement animés du même esprit ». Leurs préoccupations ont trait à l'augmentation des besoins énergétiques (l'exode rural triple la consommation d'énergie par habitant) et à la sécurité énergétique. La Chine s'est aperçue depuis peu que la conciliation de la sécurité énergétique et de la protection de l'environnement constitue un défi majeur pour son système énergétique. La Chine et l'Inde prennent également conscience des dommages causés par le changement climatique et la mauvaise qualité de l'air.

Somanathan attribue la lenteur du démarrage de l'Inde en matière d'atténuation aux coûts politiques internes et à l'inaction des pays développés. L'audacieux Plan d'action national initié en 2008 et les récentes annonces de l'Inde ont fixé des objectifs de production électrique très ambitieux, visant 175 GW de capacité installée en énergies renouvelables d'ici 2022 (presque autant que la capacité installée actuelle de l'ensemble de la planète). De grands pas ont été accomplis dans la tarification du carbone et dans celle du pétrole, les recettes étant destinées à supprimer l'électricité non comptabilisée et subventionnée dans l'agriculture, qui représente 18 % de la consommation électrique nationale. Somanathan prévient toutefois que toute augmentation politiquement viable du prix du carbone exigera une contrepartie qui sera possible seulement sous la forme de compensations à partir des programmes d'échange de carbone des pays développés.

Fei reconnaît que le monde ne pourra pas limiter le changement climatique

sans la participation active de la Chine. Selon une approche *bottom up*, cela signifie que la politique climatique chinoise sera ancrée dans ses trois priorités nationales : le développement, la qualité de l'air et la sécurité énergétique. Ces trois objectifs constituent un défi de taille, car une amélioration de la qualité de l'air requiert une nette réduction de la consommation de charbon, qui est également nécessaire pour renforcer la sécurité énergétique, et ce d'autant plus que la demande énergétique devrait être stimulée par l'urbanisation rapide. Depuis sa position internationale, la Chine souhaite également aligner ses grandes ambitions d'atténuation sur son désir de se tenir aux côtés des autres pays en développement, notamment en sa qualité de membre du groupe des « pays en développement animés du même esprit ». Selon Fei, il est encourageant d'observer que la transition opérée vers une économie sobre en carbone n'est plus considérée comme un effort onéreux imposé par la pression internationale. Il conclut en expliquant qu'en Chine des politiques et des mesures de marché sont nécessaires pour réduire les coûts politiques et économiques des réglementations contraignantes régissant les entreprises énergétiques publiques qui dominent les industries intensives en énergie.

L'Union européenne (UE) et le Japon ont participé au protocole de Kyoto. Dans le chapitre 8, Yamaguchi et Akimoto racontent comment, pendant la période du protocole, le Japon est parvenu à réduire ses émissions de 12 % par rapport à leurs niveaux de 1990, grâce à un « accord » entre le gouvernement et le secteur industriel, entièrement fondé sur le volontariat. Ils concluent qu'un examen attentif du contexte politique, économique et culturel du pays doit prévaloir lors de l'élaboration d'une stratégie climatique nationale. Au titre du protocole de Kyoto, le Japon a dû se livrer à une concurrence féroce avec les pays de la région qui s'industrialisaient rapidement et qui n'étaient soumis à aucune limitation d'émission. Il a également dû préparer son INDC au lendemain de l'accident de Fukushima. Le nouveau plan du gouvernement visant l'équilibre entre les composantes économie, sécurité énergétique, environnement et sûreté sera très difficile à mettre en œuvre, les Japonais refusant un retour au nucléaire et les coûts marginaux de réduction des émissions de CO₂ étant très importants dans l'économie japonaise, axée sur l'efficacité énergétique. Conscient que la stabilisation de la température, à quelque niveau que ce soit, coûtera extrêmement cher, le Japon a lancé l'« Innovation for Cool Earth Forum » (ICEF), visant à mettre au point des technologies innovantes. Concernant la diffusion des technologies très économes en énergie, il a encouragé une démarche sectorielle ciblant les secteurs énergivores.

L'UE a pris la tête des initiatives concernant le changement climatique lors des négociations qui ont abouti au protocole de Kyoto. Suite à l'échec de la tentative européenne de taxation du CO₂ en 1990 (il aurait fallu que ses membres adoptassent le taux d'imposition à l'unanimité), Bruxelles a mis en place un système européen d'échange de quotas d'émission, où la majorité simple suffit. Dans le chapitre 9, Guesnerie relève que ce sont des questions de faisabilité juridique et politique, plus que des considérations économiques, qui ont dicté ce choix. La récession économique, la pression politique et le

lobbying en faveur de quotas d'émission libres ont rapidement provoqué la prolifération des licences et l'effondrement du prix du marché, même si la politique climatique européenne est parvenue à réduire les émissions de l'UE (qui devrait atteindre son objectif de 20 % de réduction d'ici 2020). Vantant la supériorité, d'un point de vue économique, d'une taxation du carbone par rapport à un système de plafonnement et d'échanges, Guesnerie reconnaît l'impossibilité politique de parvenir à une tarification mondiale, mais indique que la mise en relation de marchés du carbone distincts pourrait faciliter les avancées vers un prix unique. Les « clubs climat » pourraient aussi se révéler utiles si des sanctions crédibles se profilaient pour éviter les comportements « opportunistes », une option que les diplomates européens du climat pourraient envisager, même si elle demeure hors de portée au vu des difficultés actuelles du système d'échange de quotas d'émission de l'UE.

Kotchen examine la situation du point de vue des États-Unis dans le chapitre 10. L'opinion publique a bien été sensibilisée au fait que le réchauffement climatique est dû aux activités humaines. Cependant, le scepticisme et les profondes différences observées entre les pouvoirs exécutif et législatif du gouvernement, qui sont à l'origine de la non-ratification du protocole de Kyoto, ont continué de compliquer la position américaine sur le climat en vue du sommet de Paris. Les États-Unis sont néanmoins parvenus à réduire leurs émissions de CO₂ de 10 % entre 2005 et 2013, une part de ce succès étant due à la récession, l'autre part découlant de la diminution de la teneur en carbone de l'énergie, grâce au passage au gaz naturel et à une augmentation générale de l'efficacité énergétique. La plupart des volets du Plan d'action sur les changements climatiques étant placés sous l'autorité du pouvoir exécutif (voir aussi le chapitre 17), ils se heurtent à des obstacles juridiques (cela ne concerne pas les initiatives de la Californie et des États du nord-est, qui représentent plus de la moitié de l'économie américaine). Selon Kotchen, ces obstacles juridiques se renforceront si les autres pays prennent des engagements manquant d'ambition à l'égard de leur INDC. À long terme, toutefois, les principales difficultés posées par l'avancement d'un programme ambitieux devraient provenir des grands pays en développement en plein essor, plutôt que des questions de politique nationale. Bien que les pays en développement attendent une augmentation sensible du financement de l'action climatique avant de lancer des mesures d'atténuation, Kotchen se veut optimiste : démocrates et républicains reconnaîtront l'importance de l'assistance climatique apportée aux pays pauvres. Du point de vue américain, la clé de la réussite réside par conséquent dans l'adoption, par tous les pays, de plans de réduction des émissions raisonnablement ambitieux et dans la nécessité de considérer l'accord comme le point de départ d'un processus d'engagement et de compte rendu (et non d'engagement et d'obligation), ouvrant la voie à la transparence et à la communication régulière des émissions.

Partie III. Architecture et gouvernance

Les chapitres de la troisième partie ont pour objet l'architecture des institutions visant à réduire les émissions de GES à l'échelle mondiale. Certains portent sur le processus de Paris et la CCNUCC, mais d'autres vont plus loin et étudient des moyens alternatifs pour limiter les émissions.

Dans le chapitre 11, Bodansky se penche sur l'une des grandes questions juridiques des négociations sur le climat. De nombreux observateurs plaident depuis longtemps pour le caractère juridiquement contraignant d'un accord visant à limiter les émissions. Cependant, en vertu du droit international, les pays sont libres de participer à leur guise à un accord. Le rendre juridiquement contraignant pourrait dès lors rebuter certains pays. Bien que ce caractère ait été appliqué au protocole de Kyoto, cela n'a pas empêché les États-Unis de refuser sa ratification, ou le Canada de se retirer par la suite. Pour Bodansky, rien ne permet d'affirmer qu'un accord juridiquement contraignant aura plus d'effets sur le comportement des États qu'un accord qui ne l'est pas. Plus que sa nature juridiquement contraignante, ce sont peut-être ses dispositions précises qui revêtent de l'importance, en particulier pour ce qui concerne la capacité à le faire appliquer.

À l'approche de la COP21, les pays ont communiqué leur INDC. À cet égard, comme indiqué plus haut, la question qui se pose est la suivante : le volume cumulé des réductions d'émission visées par ces contributions est-il suffisant pour atteindre l'objectif de limiter à 2 °C le réchauffement des températures moyennes mondiales ? L'autre question porte sur les engagements similaires de pays comparables. Les pays s'engagent-ils à assumer la part d'effort qui leur revient ? Dans le chapitre 12, Aldy et Pizer s'intéressent à cette seconde question. Ils trouvent difficile d'y répondre, car les INDC ne sont pas toutes exprimées de la même manière et il n'existe pas d'indicateur unique pour ces efforts. Selon eux, la comparabilité des engagements devrait reposer sur plusieurs analyses et sources de données établies par des experts indépendants.

Si la limitation des émissions à laquelle les pays se sont engagés n'est pas juridiquement contraignante, l'un des projets envisagés propose de rendre les dispositions de mesure, notification et vérification juridiquement contraignantes. Il est essentiel de savoir si, dans les faits, les pays assurent le suivi de leurs engagements et si, comme le note Wiener dans le chapitre 13, une responsabilisation renforcée peut aussi entraîner un changement de comportement. Les États seront davantage susceptibles d'honorer leurs engagements si leurs actions peuvent être observées. La mesure, notification, vérification ne devrait d'ailleurs pas se limiter aux émissions et résultats connexes, mais s'étendre aux politiques et mesures relatives à la réduction des émissions, aux investissements dans la recherche et le développement technologiques, au financement, à l'adaptation et à la géo-ingénierie. Les pays hésiteront sans doute à aller aussi loin que le préconise Wiener, mais au fil du temps, les sujets abordés dans les futurs accords sur le climat se multiplieront. Les dispositions de mesure, noti-

.....

fication, vérification adoptées à Paris devront évoluer à leur tour.

Le protocole de Kyoto a tenté de lutter contre le changement climatique en adoptant une perspective *top down*, sans succès. À l'inverse, le sommet de Paris s'efforcera d'instaurer une coopération laissant plus de place à la méthode *bottom up*. S'ils ne s'attendent pas à un changement radical et immédiat des émissions, Victor et Keohane dégagent les quelques aspects positifs de cette situation. Comme indiqué dans le chapitre 14, le sommet « pourrait aider les gouvernements et les autres acteurs clés à déterminer ce qu'il est possible de réaliser en se coordonnant et donner un élan aux négociations, de sorte que les pays qui ne déploient pas d'efforts sérieux soient gênés de se trouver à la traîne ». Dans le meilleur des cas, « ce processus pourrait, par une série de mesures de plus en plus sérieuses, transformer le système d'engagement et de vérification en un effort plus coordonné et plus efficace sur le long terme. » Ils prônent le principe d'une « gouvernance expérimentale » reposant sur trois points : 1) les objectifs doivent être associés à des actions ; 2) l'inaction des participants doit être sévèrement sanctionnée (financièrement) et 3) les différents engagements nationaux et doivent être reliés à l'objectif global.

Dans le chapitre 15, Stewart, Rudyk et Oppenheimer suggèrent que le monde pourrait aller plus loin dans l'application de l'accord de Paris. Les États et les autres acteurs (entreprises, ONG, organisations internationales, autorités infranationales) pourraient poursuivre une « stratégie modulaire » s'appuyant sur des clubs, des couplages institutionnels et les acteurs dominants du marché. Ces mesures n'iraient pas à l'encontre de l'approche de la CCNUCC, mais la complèteraient en menant des démarches associées. Par exemple, les banques multilatérales accepteraient de ne pas financer de nouveaux projets de production électrique à base de charbon ; les groupes industriels définiraient des normes pour les éoliennes qui leur confèreraient un avantage concurrentiel, et les informations techniques sur les options de réduction des émissions seraient mises en commun.

Dans le chapitre 16, Mavroidis et Melo estiment qu'une réforme de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) serait également utile. Selon eux, les interprétations des règles commerciales reflétées dans les décisions antérieures entravent la capacité des pays à élaborer (individuellement ou collectivement) des politiques de lutte contre le changement climatique, telles que l'étiquetage des technologies à haut rendement énergétique ou des mesures limitant la subvention des combustibles fossiles. L'OMC doit être réformée en vue de la mise en place d'un « contrat positif » laissant moins de marge de manœuvre aux pays, et les auteurs proposent plusieurs réformes en ce sens au niveau plurilatéral et multilatéral. Les règles commerciales ne viseront plus simplement à libéraliser le commerce, mais aussi à réduire les émissions. En l'état, elles présentent des obstacles juridiques aux propositions d'un club climat qui s'appuierait sur les droits de douane imposés aux non-participants à une taxe carbone, mais il existe d'autres moyens d'encourager la réduction des émissions par un sous-groupe de membres de l'OMC qui formerait une « coalition de volontaires » désireuse de limiter ses émissions.

Méditant sur les observations et recommandations de ces chapitres, il nous semble que l'accord de Paris ne devrait pas constituer un obstacle à des progrès dans la limitation des émissions, mais pourrait au contraire les faciliter, par exemple s'il conduit à encourager la participation, à relever les ambitions et à élaborer des systèmes de MNV, d'expérimentation et d'apprentissage. De façon indirecte, il pourrait aussi favoriser les efforts complémentaires, visant par exemple la réforme des règles commerciales mondiales. Le problème du changement climatique est simplement trop important et trop complexe pour qu'une seule approche suffise.

Partie IV. Les options politiques

Quelle que soit la position adoptée à Paris, et par la suite, concernant un nouveau régime climatique, si l'on veut que la limitation des émissions ait une chance d'aboutir, elle doit passer par la tarification du carbone. Cette tarification ne réduira pas seulement directement les émissions, mais stimulera aussi les investissements, ainsi que la recherche et le développement en matière de nouvelles technologies. Les contributions de la quatrième partie portent ainsi sur les politiques de tarification du carbone et celles de la cinquième partie sur les questions stratégiques liées aux technologies.

Sur le plan conceptuel, la nécessité de tarifier le carbone est entendue depuis longtemps. La difficulté consiste à traduire les concepts en politiques concrètes. Comme le rappelait Gro Harlem Brundtland à propos du résultat de la conférence de Rio en 1992, « nous savions sur quels principes de base nous appuyer : la rentabilité, l'équité, la mise en œuvre commune et l'exhaustivité, mais nous ne savions pas comment les mettre en pratique » (cité dans Schmalensee, 1998). Par chance, de nombreuses actions ont été menées depuis pour l'adoption d'une tarification du carbone, et nous commençons à mieux voir ce qui fonctionne et les obstacles qui nous attendent. Les contributions présentées ici présentent deux approches. L'une est l'approche réglementaire, fondée sur le droit et l'ingénierie; dans ce cas les aspects économiques peuvent être introduits par la petite porte, au moment de la mise en œuvre, comme dans le cas du Clean Power Plan aux États-Unis. L'autre est l'approche économique « directe », fondée sur la taxation des émissions ou l'obligation de plafonner les émissions et d'autoriser les échanges; dans cet autre cas les aspects politiques peuvent être abordés au moment de la conception, comme en témoigne l'expérience d'attribution de droits dans le cadre du système européen d'échange de quotas d'émission.

Dans le chapitre 17, Burtraw remarque que la structure du Clean Power Plan présente un intérêt pour les décideurs du monde entier, parce que le processus qu'il inaugure, marqué par une forte flexibilité en matière de mise en œuvre, est à l'image de celui qui se dessine dans les négociations internationales. Rappelant l'échec politique des États-Unis concernant l'adoption d'une approche législative du plafonnement et d'échange en vue d'honorer

l'engagement pris par le président Obama à Copenhague en 2009, à savoir réduire de 17 % les niveaux d'émission de 2005 d'ici 2020, Burtraw montre que l'engagement sera respecté par le Clean Power Plan. Les règlements adoptés par l'Agence américaine de protection de l'environnement ne devraient pas non plus être cassés par le pouvoir politique. Sur tout, la flexibilité du Plan confère aux entités réglementées (c'est-à-dire aux États américains) les outils qui leur permettront de négocier un résultat efficace, en plus de rendre possible et renforcer l'action des pionniers et ce qu'il appelle un *bottom up leadership*. C'est en ce sens que le Clean Power Plan devrait introduire un résultat efficace « par la petite porte ».

Les enjeux de la tarification du carbone sont clairement exposés par Sterner et Köhlin dans le chapitre 18. Il ressort de l'ensemble des expériences – en premier lieu en Suède, où le prix du carbone dépasse 100 dollars/tCO₂ et où l'intensité carbone du PIB est seulement un tiers de la moyenne mondiale – qu'une taxe carbone (appliquée à un taux suffisamment élevé, comme en Suède) assortie de mesures complémentaires se révèle très efficace pour réduire les émissions et encourager le développement d'alternatives aux énergies fossiles⁴. Mais la Suède constitue une exception. L'impopularité des impôts dans la plupart des pays conduit le monde politique, aidé en cela par le puissant lobbying de l'industrie des combustibles fossiles, à nier le problème et à tergiverser. À l'échelle internationale, les problèmes de partage de la charge et d'équité contribuent à expliquer l'immobilisme en matière de taxation du carbone.

Dans ce contexte, Sterner et Köhlin examinent quatre variantes d'une tarification directe du carbone : 1) la suppression des subventions aux combustibles fossiles ; 2) la taxation des carburants ; 3) les systèmes de plafonnement et d'échange des droits d'émission et la réglementation directe ; et 4) la promotion des énergies renouvelables, comme l'Allemagne le fait depuis 15 ans. Ils en concluent que le processus de négociations aurait peut-être intérêt à inclure de multiples instruments pour les différents aspects du système lié au changement climatique, avec, éventuellement, un prix plancher s'ajoutant aux engagements quantitatifs pris jusqu'à présent.

La taxation du carbone, lancée il y a 25 ans, est aujourd'hui répandue : quarante territoires nationaux et vingt territoires infranationaux donnent un prix au carbone ou participent à des programmes de plafonnement et d'échange. Ces efforts s'appliquent à une part importante des émissions mondiales, avec un prix moyen du carbone de 7 dollars/GtCO₂. Dans le chapitre 19, Wang et

4. Les avantages d'une taxation sont connus : 1) la transparence du système de prix est accessible à des milliards de personnes, qui n'ont plus à s'inquiéter de l'impact de leurs décisions sur le climat ; 2) c'est un bon moyen de rétablir l'optimum de Pareto ; 3) elle est plus facile à vérifier que les autres approches ; 4) en cas de taxe égale, ou d'accord en vue d'une convergence sur le prix du carbone, le problème des fuites est pratiquement résolu ; 5) la question épineuse du partage de la charge est grandement atténuée ; 6) en raison de la nature des incertitudes sous-jacentes, les avantages sociaux de la tarification sont supérieurs à ceux d'un système fondé sur la quantité ; et 7) la transition vers une taxe carbone uniforme réduirait les incitations et les possibilités de lobbying (voir Cooper, 2008, par exemple).

Murisic abordent ces expériences en étudiant quinze cas de mise en œuvre. Ils affirment que les éléments hybrides existant à la fois dans les plans de taxe carbone et dans ceux de plafonnement et d'échange semblent estomper les différences entre les deux approches. Parmi les enseignements qu'ils tirent de leur étude, ils appellent à la généralisation des initiatives de type *bottom up* afin de renforcer la coopération en matière de tarification du carbone. Cela encouragerait la transparence dans la fixation des prix et résoudrait la question préoccupante des fuites de carbone (*leakages*) (c'est-à-dire l'augmentation des émissions à l'étranger, suite à l'adoption de mesures nationales).

L'architecture hybride à laquelle aboutiront les négociations comportera à la fois des éléments *bottom up* (les INDC) et *top down* (systèmes de MNV). Les instruments de politique varieront selon les territoires. Les liaisons qu'il faudrait créer entre ces derniers (acceptation des quotas ou crédits dans un autre territoire, attribution de crédits pour la conformité, etc.) pour que l'architecture soit efficace sont examinées par Stavins dans le chapitre 20. Les liaisons améliorent le rapport coût-efficacité et peuvent présenter des avantages politiques, encore qu'elles exigent, pour être efficaces, une intégrité suffisante dans le domaine environnemental de la part de toutes les parties en relation. L'architecture stratégique qui s'est dessinée au titre de l'accord de Paris comporte des éléments qui entravent ces liaisons (règles trop restrictives concernant les échanges autorisés, ajout d'objectifs tels qu'une condition de développement durable au titre du Mécanisme de développement propre), tandis que d'autres devraient les faciliter (unités en charge de la conformité internationale devant aider aux activités de suivi, de notification et d'enregistrement des transactions portant sur les quotas au niveau national). Si les liaisons jouent un rôle suffisamment important dans l'accord et si les règles du jeu ne sont pas trop strictes, les coûts de l'atténuation peuvent baisser, ce qui encouragerait des actions ambitieuses par la suite. Stavins propose par exemple de mentionner explicitement la possibilité pour les Parties de transférer des parts de leurs INDC à d'autres Parties.

Chaque pays soumettant sa contribution (INDC), la convergence vers une tarification multilatérale du carbone prendra un certain temps. Les prix effectifs devraient être très variables, renforçant le caractère préoccupant des fuites de carbone. Dans le chapitre 21, Fischer examine trois modalités de fuite: les marchés de l'énergie liés au prix des combustibles fossiles; le canal de la compétitivité, lorsque la hausse des prix de l'énergie se répercute sur les producteurs; et le canal des innovations induites par les politiques d'atténuation. Fischer examine différentes politiques capables de limiter ces fuites, telles que l'ajustement aux frontières par une taxe carbone, les compensations basées sur l'intensité énergétique de la production, les exonérations et les accords sectoriels. Ces alternatives ne présenteront toutefois aucun intérêt tant qu'elles seront adoptées de façon unilatérale. Fischer recommande dès lors une approche coordonnée, éventuellement multilatérale, pour lutter contre les fuites.

Partie V. Les choix technologiques

Stabiliser les températures suppose de stabiliser les concentrations de gaz à effets de serre (GES) dans l'atmosphère ou de compenser les effets de l'augmentation des concentrations en réduisant le forçage radiatif, c'est-à-dire en déviant la lumière du soleil. Ensuite, stabiliser les concentrations requiert de descendre progressivement le niveau d'émissions à zéro ou de compenser directement dans l'atmosphère les émissions positives par une suppression équivalente du CO₂. Ce sont les seules possibilités.

Jusqu'à présent, les négociations sur le climat ont exclusivement porté sur la méthode principale, la réduction des émissions. Toutefois, celles-ci n'ont cessé d'augmenter depuis le début des négociations en 1990. Les mesures prises jusque-là pour limiter les émissions (sans parler de les neutraliser) ont échoué. Parvenir à des émissions mondiales nulles relèvera de toute évidence de la gageure. C'est la raison pour laquelle il semble logique d'envisager d'autres moyens d'atténuer le changement climatique.

Cette partie continue de mettre l'accent sur la limitation des émissions, notamment le potentiel que revêt la voie technologique pour y parvenir. Le dernier chapitre examine toutefois d'autres options pour freiner la hausse des températures mondiales.

Le monde peut certainement s'atteler dès à présent à la réduction des émissions en s'appuyant sur les technologies disponibles (Pacala et Socolow, 2004). Cependant, comme l'explique Toman dans le chapitre 22, de nouvelles technologies seront nécessaires pour combler l'écart entre le coût des combustibles fossiles et les autres sources d'énergie qui deviennent possibles à mesure que les efforts s'intensifient. L'adoption d'une taxe carbone sera utile à cet égard. Mais il sera également important de financer directement la recherche et le développement, ainsi que l'expérimentation. Les financements actuels consacrés à l'étude d'autres technologies énergétiques sont très limités et devraient être intensifiés. Selon Toman, il faudrait les multiplier par 20. Il s'agit d'un écart que le cycle actuel de négociations ne cherche pas directement à combler.

Il existe différentes manières de réduire les émissions, notamment par les économies d'énergie et en remplaçant les énergies fossiles par le nucléaire. Cependant, ces méthodes sont limitées à divers égards, ce qui explique que les énergies renouvelables reçoivent autant d'attention. Dans le chapitre 23, Bosetti décrit la situation actuelle et explique ce qui doit changer si l'on veut réduire sensiblement les émissions. Les énergies solaire et éolienne progressent considérablement depuis quelques années, mais cet essor est parti de presque rien. Si le monde veut vraiment avoir une chance de limiter le réchauffement climatique, les énergies renouvelables doivent se développer beaucoup plus vite. Le CO₂ devra de plus être supprimé de l'atmosphère. Pour cela, il est possible de recourir à la biomasse, une forme d'énergie renouvelable, pour produire de l'électricité, en captant et stockant le carbone libéré pendant la combustion. Le problème qui se pose ici tient à l'échelle. Fondamentalement,

le principal problème des énergies renouvelables est lié au fait que la rentabilité de l'adoption de ces technologies dépend de celle des alternatives aux énergies fossiles. C'est pourquoi il faut développer la recherche et le développement, comme indiqué plus haut, mais aussi mettre en place des politiques telles qu'une taxe carbone qui favoriserait le renouvelable aux dépens des combustibles fossiles.

Même si les énergies renouvelables atteignent leur potentiel, cela ne suffira pas à limiter le réchauffement climatique à 2 °C. Si la planète continue de consommer des combustibles fossiles, il est possible de réduire considérablement les émissions qui y sont associées en captant le carbone et en le stockant ailleurs que dans l'atmosphère. Comme l'explique Tavoni dans le chapitre 24, le problème est que la technologie de captage et de stockage du carbone entraîne des frais supplémentaires. Cette solution ne sera économique que si elle s'accompagne de politiques telles qu'une taxation du carbone, qui favorise le recours à la technologie⁵. Jusqu'à présent, à la différence de l'énergie renouvelable, la technologie de captage et de stockage du carbone n'a pas encore pris son essor. Dans de nombreux pays, des projets ont été conçus dans ce but puis annulés, en raison des coûts, de la chute du prix du gaz naturel et d'objections locales au stockage du CO₂ près des centrales électriques. Le captage et le stockage du carbone présentent cependant un autre avantage par rapport aux autres technologies : leur utilisation réduit les « fuites » associées à la diminution du recours aux énergies fossiles par une coalition de pays (voir chapitre 21).

Tous les chapitres ci-dessus notent que la limitation du réchauffement climatique à 2 °C constitue un immense défi. Les autres options, comme l'énergie nucléaire, ne modifient pas le diagnostic ; les unes et les autres ont toutes leurs limites.

C'est la raison pour laquelle, dans le chapitre 25, Barrett et Moreno-Cruz étudient d'autres solutions pour limiter le changement climatique, des méthodes qui fonctionneraient indépendamment du système énergétique mondial. La première d'entre elles est la géo-ingénierie du carbone, qui suppose de supprimer le CO₂ directement de l'atmosphère. La méthode, industrielle, pourrait le supprimer pratiquement à n'importe quel niveau. L'un des problèmes de cette technologie réside dans le stockage, mais contrairement au captage du carbone dans les centrales électriques, les technologies de suppression offrent plus de souplesse et peuvent être installées à l'écart des centres de population. De nouvelles idées pour recycler le CO₂ capté voient également le jour. Le

5. Non seulement cette technologie est onéreuse, mais elle nécessite de larges infrastructures à l'échelle requise pour influencer sensiblement les émissions mondiales de CO₂. Cela est valable pour la logistique des canalisations et des réservoirs, et d'autant plus s'il est décidé de recourir à des plantations pour la production de biomasse au titre de la BECS (bioénergie associée au captage et stockage du carbone). Il sera peut-être encore plus difficile d'obtenir des permis de construction et de faire fonctionner l'ensemble du système que de faire accepter les coûts, car il ne s'agit pas d'une « simple » question économique.

principal obstacle de cette technologie peut venir d'un coût élevé. Cependant, la géo-ingénierie du carbone est la seule capable de freiner le changement climatique. L'autre méthode envisageable est celle de la géo-ingénierie solaire, qui consiste à dévier de la terre la lumière du soleil, de manière à compenser les effets de l'augmentation des concentrations. Bien qu'elle puisse contribuer à maîtriser la température moyenne mondiale, cette technologie n'est pas optimale, car elle aurait d'autres répercussions sur le climat que la limitation des concentrations. En particulier, elle ne pourrait pas empêcher l'acidification des océans. Paradoxalement, le faible coût de cette méthode pourrait poser un problème : la géo-ingénierie solaire pourrait en effet intéresser les pays à titre individuel. Son principal inconvénient est donc lié à la gouvernance.

En conclusion, les chapitres de cette partie de l'ouvrage suggèrent tous qu'il n'existe pas de solution technologique miracle pour limiter la hausse des températures mondiales. Il ne fait aucun doute que les efforts de recherche et développement doivent être intensifiés.

Partie VI. Partage de la charge et développement

Les pays en développement, notamment les plus pauvres, sont ceux qui contribuent le moins au changement climatique. Pourtant, ce seront eux les plus durement touchés par ses effets, ce qui les obligera à consacrer de grandes quantités de ressources pour les mesures d'adaptation. En même temps, un grand nombre d'activités d'atténuation faciles à mettre en œuvre dans un avenir proche peuvent être réalisées pour un coût minime dans ces pays. Le principal obstacle à un compromis lors des négociations demeure le partage de la charge, notamment la mise à disposition de fonds pour permettre aux pays les plus pauvres d'adopter des mesures d'atténuation et d'adaptation tout en satisfaisant leurs aspirations à la croissance. Sans les discussions sur les Pertes et dommages, le Mécanisme technologique, le Fonds vert pour le climat et le Fonds pour l'adaptation, les pays en développement n'auraient pas accepté la suppression du pare-feu entre les pays figurant à l'Annexe I et ceux n'y figurant pas, comme convenu lors de la conférence de Durban en 2011. Autrement dit, ils n'auraient pas accepté de soumettre leurs ICDN au même titre que les autres pays.

Les pays en développement, notamment les moins avancés, trouvent injuste que l'on attende d'eux qu'ils freinent leur développement, eux qui seront les plus durement touchés, alors que les pays riches, qui ont les moyens de financer l'atténuation, sont les premiers responsables des stocks excédentaires de carbone. Tout accord ou résultat ayant trait au partage de la charge tel qu'il se présente dans les ICDN reflètera les perceptions concernant les futurs dommages, les coûts de l'atténuation et de l'adaptation et, pour les pays en développement, le montant du financement de l'adaptation à prévoir.

La sixième partie porte sur les dommages, les coûts et les aspects non financiers du partage de la charge. La septième partie traite quant à elle de la mobilisation du financement, de la séparation entre atténuation et adaptation,

et du clivage entre pays développés et en développement.

Dans le chapitre 26, Hallegatte et ses coauteurs expliquent que les pays les plus pauvres ont été les plus durement touchés jusqu'à présent par les catastrophes climatiques ; ils devraient aussi être plus vulnérables à l'avenir, car ils sont situés dans les régions les plus chaudes. De plus, ce sont les communautés les plus pauvres qui sont les plus exposées dans ces pays : elles s'installent dans les zones les plus dangereuses (qui sont aussi les plus accessibles financièrement), représentent le segment le moins résilient de la société et reçoivent une faible part de la protection sociale. Pour parvenir à un développement résilient et sobre en carbone, les auteurs préconisent de planifier des investissements à long terme, surtout dans les zones urbaines, de faciliter l'accès aux soins de santé et d'adopter des systèmes de protection sociale bien ciblés.

Pour atteindre leurs objectifs de développement national, incluant la croissance économique, le développement social et l'accès à des ressources naturelles telles que l'eau, les pays à revenu faible devront consacrer des ressources considérables à l'adaptation. Dans le chapitre 27, Kaudia reconnaît que les objectifs de croissance des pays à revenu intermédiaire hautement émetteurs et à croissance rapide sont un facteur de division dans les négociations entre les positions des différents groupes de pays en développement. Certains de ces groupes, tels que le Groupe africain des négociateurs et les Pays les moins avancés, incluent de nombreux pays à revenu faible, ou d'autres, tels que l'Alliance des petits États insulaires, des pays qui contribuent très faiblement à l'émission, alors que le Groupe des pays en développement inclut des pays à revenu intermédiaire dans sa majorité). Cela complique la formation d'une communauté de points de vue lors des négociations.

Pour Kaudia, les INDC ou contributions des pays à faible revenu ont été encouragées par les pays développés. Dans le cas du Kenya et de nombreux autres pays à faible revenu, la sylviculture offre le plus fort potentiel de réduction des GES. Si les politiques correspondant à l'intérêt national devaient recevoir la priorité, les contributions des pays à faible revenu devraient être volontaires et dépendre de ressources financières et d'une capacité technologique renforcées par le soutien des pays développés, lesquels n'ont pas respecté jusqu'à présent les principes de justice et d'équité inscrits dans la CCNUCC. Le « principe des responsabilités communes mais différenciées » (RCMD) doit être le principe de base de tout si le monde veut atteindre un objectif de développement durable et socialement inclusif qui soit équitable, les pays à faible revenu étant les plus vulnérables au changement climatique.

La contribution de la préservation des forêts aux politiques climatiques est analysée par Angelsen dans le chapitre 28. Il y a dix ans, de grands espoirs reposaient sur la réduction du taux de déforestation : son coût étant faible (à raison de 5 dollars par tonne de CO₂, une diminution de moitié du taux de déforestation ne coûterait que 9 à 10 milliards de dollars par an). Cette option s'annonçait prometteuse pour les mécanismes de paiement fondés sur les résultats. Dix ans plus tard, les intérêts en place ont toujours suffisam-

ment d'influence pour bloquer la mise en place des réformes qui pourraient faire pencher la balance en faveur de la préservation des forêts. Les lacunes du processus d'attribution des concessions foncières et des droits fonciers (signe d'un manque d'appropriation nationale associé à une gestion internationale des processus de la REDD+) ont limité les résultats sur le terrain. Pourtant, la préservation des forêts devra jouer un rôle majeur dans la contribution des pays de la REDD+ à l'effort mondial d'atténuation du changement climatique.

Pour étendre les activités de ce programme au-delà de sa conception initiale qui était d'être un vecteur de transferts internationaux, Angelsen indique des améliorations qui favoriseraient des politiques d'engagement national. Ce pourrait être les pressions exercées par les consommateurs sur les entreprises, ainsi que l'« autorité entrepreneuriale » dont disposent les acteurs du secteur privé pour définir de nouvelles normes. Assortie d'une évaluation et de révisions, la REDD+ deviendrait partie intégrante des contributions nationales des pays aux efforts mondiaux de lutte contre le changement climatique. Pour que la préservation des forêts contribue comme prévu à atténuer le changement climatique, les pays de la REDD+ devront prendre les commandes – une position qu'ils pourraient hésiter à assumer tant que l'aide financière des pays développés ne se matérialise pas.

Dans le chapitre 29, Collier part du constat que le charbon, source d'émissions importantes de CO₂, est aussi une source d'énergie peu efficace, que seuls quelques pays extraient alors que tous en consomment. Il suggère dès lors d'arrêter progressivement la production de charbon, en commençant par les pays à revenu élevé (États-Unis, Allemagne, Australie), puis en descendant l'échelle économique (il serait interdit aux pays à revenu intermédiaire d'augmenter leur production une fois les fermetures entamées dans les pays à revenu élevé). Ce serait plus équitable que d'empêcher la découverte de nouvelles mines de charbon et les nouveaux investissements, comme le propose le Conseil des Administrateurs de la Banque mondiale. Si les parties concernées coopéraient pour « tirer parti de l'élan moral généré par les inquiétudes de la population sur le changement climatique », il serait plus facile de réduire l'offre de charbon que sa demande.

Les problèmes de l'adaptation des milieux urbains viennent s'ajouter à d'énormes besoins de développement non satisfaits, surtout dans les pays les moins avancés. À l'échelle planétaire, les villes abritent actuellement 54 % de la population mondiale et rejettent plus de 70 % des émissions de GES. De surcroît, 90 % de la croissance démographique prévue d'ici le milieu du siècle devrait se produire en ville, surtout dans les pays en développement, où la vulnérabilité aux effets du climat est la plus forte. Dans le chapitre 30, Bigio passe en revue les stratégies d'atténuation et d'adaptation nécessaires pour réduire l'empreinte carbone de la croissance urbaine. Pour limiter l'ampleur de la tâche, il propose d'appliquer la valeur moyenne du remplacement du carbone des principaux matériaux de construction dans les pays de l'Annexe I à la totalité des nouvelles constructions urbaines prévues au 21^e siècle. Cela demanderait le tiers du budget carbone disponible jusqu'à la fin du siècle pour

limiter à 2 °C le réchauffement climatique, sachant que déjà 40 % de la part de budget ont été émis sur la période 2000-2011. Bigio énumère les synergies possibles entre l'adaptation urbaine au changement climatique et l'atténuation obtenue en investissant dans des infrastructures à faible consommation énergétique, deux options susceptibles d'améliorer le bien-être des citoyens pauvres. Obtenir des financements et les utiliser de façon efficace sera très difficile, car l'essentiel de la dynamique de croissance urbaine devrait intervenir dans des villes petites et moyennes, où la gouvernance et les capacités institutionnelles sont généralement les plus faibles.

Dans le chapitre 31, Coninck et Bhasin étudient le rôle que pourraient jouer le développement et le transfert des technologies, c'est-à-dire la « coopération technologique » pour favoriser l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à ses effets. Ce processus a vu le jour à Cancún en 2010 avec le développement du Mécanisme technologique. Cependant, face au manque de fonds, aux intérêts en place et au verrouillage, celui-ci n'a pas encore conduit à la coopération technologique espérée. Cela est dû notamment au fait que le transfert de technologies ne se limite pas à une intensification de la recherche et du développement. Comme le soulignent Coninck et Bhasin, « technologie = matériel + logiciels + organisationnel », le dernier terme désignant la politique institutionnelle et les capacités dans ce domaine. Par ailleurs, le Comité exécutif de la technologie du Mécanisme technologique est composé de négociateurs sur le climat qui retournent aux impasses observées dans les négociations sur le climat. Les auteurs identifient des dispositions qui aideraient les pays développés à comprendre qu'ils ont tout intérêt à aider les pays en développement à renforcer leurs capacités. Un « volet technologique » du Fonds vert pour le climat associé à l'intégration de la technologie dans le portefeuille d'accords permettrait d'inscrire cette dernière parmi les modules définis par Stewart et ses coauteurs comme essentiels pour la transformation nécessaire du secteur énergétique en vue d'un régime climatique viable.

Partie VII. Le financement de l'action climatique

La plupart des effets économiques des politiques proposées dans les chapitres précédents imposent clairement une « réorientation » des futurs investissements en direction d'options sobres en carbone. Il faudra investir quelque 90 000 milliards de dollars dans les infrastructures de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire et de l'énergie à travers le monde au cours des vingt prochaines années, soit environ 5 000 à 6 000 milliards de dollars par an. Et 1 600 milliards de dollars seront nécessaires pour l'approvisionnement en énergie, dont la moitié pour répondre à la demande et l'autre pour remplacer les centrales existantes. Les modalités de gestion de ces investissements influenceront les futurs modes de croissance, la productivité et les niveaux de vie. Il est donc nécessaire de réorienter ces investissements vers des solutions technologiques et organisationnelles sobres en carbone. C'était le sujet de la

plupart des chapitres précédents.

Des investissements supplémentaires seront aussi nécessaires pour assurer la transition de nos systèmes économiques et sociaux vers un futur bas carbone. Les premières questions qui se posent sont donc : quel est le montant des investissements supplémentaires requis, et quelle sera leur répartition sectorielle ? Massetti traite ces questions dans le chapitre 32, dans lequel il analyse la répartition des besoins en investissements selon les pays et au fil du temps. Il donne également un aperçu des flux financiers escomptés de la tarification du carbone. Ceux-ci seront cruciaux pour couvrir les coûts des besoins en investissements et pour financer les transferts nécessaires vers les pays en développement.

Le principal message de Massetti peut se résumer ainsi : les investissements supplémentaires qui aideront à transformer la société en vue d'atteindre l'objectif des 2 °C s'élèvent à près de 600 milliards de dollars par an entre aujourd'hui et 2030, soit 0,75 % du PIB mondial en 2013. En comparaison, une taxe carbone visant cet objectif engendrerait jusqu'à 1 300 milliards de dollars de recettes par an dans les pays de l'OCDE en 2030, soit 2,1 % du PIB total de l'OCDE en 2013. Les pays qui n'en font pas partie pourraient avoir besoin de quelque 50 milliards de dollars (estimation médiane) par an jusqu'en 2030 pour développer leur capacité de production d'électricité.

Ces chiffres laissent entendre que les ressources financières pourraient suffire à résoudre le problème du changement climatique si une tarification adéquate du carbone était mise en place. Toutefois, la dimension macroéconomique ne représente qu'une facette de la question. La mise en œuvre demeure le problème essentiel. La réglementation et les programmes d'incitation économique doivent être conçus de façon à favoriser le développement du financement de l'action climatique dans les secteurs public et privé. Une autre grande difficulté consiste en effet à s'assurer que les projets obtiendront un rendement approprié et ajusté en fonction du risque, et qu'ils recevront rapidement toutes les autorisations et licences nécessaires à leur construction et à leur fonctionnement.

Le chapitre 33, rédigé par Buchner et Wilkinson, examine les questions ci-dessus. Les auteurs y analysent les améliorations réglementaires nécessaires pour que le financement de l'action climatique dépasse les frontières nationales (à l'heure actuelle, les trois quarts des fonds sont dépensés dans le pays ou la région d'origine). Jusqu'ici, les « sources alternatives » de financement identifiées en 2009 (marchés et prix du carbone, taxation du transport et des transactions financières internationales, marché des obligations vertes) se sont révélées décevantes. Buchner et Wilkinson en concluent que les gouvernements devront faire preuve de détermination pour mettre la finance au service d'un avenir sobre en carbone, et proposent des mesures en ce sens.

Depuis la crise de 2008, l'épargne est prédominante dans le monde et le coût du financement est faible. Cela devrait favoriser le financement d'une transition vers une économie bas carbone, mais les investissements tardent à venir. Dans le chapitre 34, Hourcade plaide en faveur de nouveaux ins-

truments pour donner l'impulsion initiale à cette transition. La création de *Climate Remediation Assets* (actifs protecteurs du climat) soutenus par l'État apporterait les garanties qui font actuellement défaut aux investissements du secteur privé. De nouveaux instruments financiers sont en effet nécessaires pour déclencher une vague massive d'investissements bas carbone, car la tarification du carbone n'y suffira pas. En l'absence de prêteur à titre gratuit, les coûts initiaux élevés des projets bas carbone, ainsi que l'incertitude relative au coût des équipements et à la durée de leur construction, contribuent à geler les investissements qui seraient rentables. La création de *Climate Remediation Assets* adossés à une garantie publique des États, associée à la tarification du carbone, permettrait de supprimer cet obstacle aux investissements dans des activités sobres en carbone.

La répartition des ressources financières est un dernier point à aborder. Comment le financement concessionnel de l'action climatique (additionnel à l'aide publique au développement, ou APD) devrait-il être réparti entre les pays? En supposant donnée la répartition des fonds entre atténuation et adaptation, Guillaumont étudie dans le chapitre 35 les principes qui doivent guider la répartition des fonds destinés à l'adaptation. Ces principes doivent reposer sur une évaluation de la vulnérabilité des pays aux chocs climatiques et aux catastrophes naturelles résultant de l'évolution du climat. L'indice de vulnérabilité correspondant doit être indépendant des politiques nationales. Guillaumont présente un tel indice de la vulnérabilité au changement climatique, qu'il introduit ensuite dans une formule s'apparentant à celle que les banques de développement multilatérales utilisent pour allouer leurs fonds concessionnels. Il en résulte une forte dispersion des allocations par tête à l'intérieur des groupes de pays et entre eux, ce qui reflète une vulnérabilité aux chocs climatiques très hétérogène selon les pays.

La recherche sur le financement de l'action climatique n'en est qu'à ses balbutiements. Les quatre chapitres de cette partie mettent néanmoins en avant les orientations de recherche et des propositions d'action susceptibles d'aider à identifier les sources de financement pouvant couvrir les investissements liés au changement climatique.

Réflexions finales

Le changement climatique pose un formidable défi, probablement le plus ardu que le monde a connu. Il y a quelques signes positifs, comme l'essaimage de la tarification du carbone autour du globe et le grand nombre de pays qui ont soumis leurs propositions de contribution, les «ICDN» pour la COP21. Cependant, à quelques exceptions près (notamment en Suède), les actions engagées sont très insuffisantes. La communauté internationale a placé la barre très haut (avec l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 2 °C), mais les engagements pris jusqu'à présent dans le cadre des ICDN ne suffiront pas pour y parvenir, d'autant plus que ces contributions font uniquement référence à l'horizon 2025-

2030 et qu'il n'est même pas certain que les pays honoreront leurs engagements.

La conférence de Paris marque de toute évidence une première étape dans un long parcours. Il sera nécessaire de mettre en œuvre d'autres efforts de réduction des émissions au cours des prochaines années, mais aussi de prendre des mesures plus efficaces, tant à l'échelle nationale qu'internationale. Ces mesures et le cadre institutionnel à développer au-delà pour les mettre en œuvre sont examinés dans les chapitres de cet ouvrage. Il s'agit notamment d'adopter de solides systèmes de MNV qui faciliteront le respect des obligations. Cependant, comme souligné par plusieurs contributions, en l'absence de mesures coercitives correspondantes, il est peu probable que les pays parviennent à réduire sensiblement leurs émissions. Il manque à la fois une véritable exécution des mesures et une vision. Il ne suffit pas de se mettre d'accord sur un objectif de température. Il est désormais urgent de convenir d'une trajectoire de transformation de la société qui ne pourra se concrétiser, dans les économies de marché du moins, que par une évolution des prix relatifs. Les pays doivent donc s'entendre sur un prix de référence du carbone (mis en œuvre progressivement, dans le cadre de mesures propres à chaque pays) qui permette de stimuler les investissements dans des solutions bas carbone.

Le développement de nouvelles technologies qui diminuent le coût des sources d'énergie autres que les combustibles fossiles favorisera également la réduction des émissions, mais les contributions à la recherche et au développement devront considérablement s'intensifier. À l'heure actuelle, les investissements publics dans la recherche et développement sur les technologies énergétiques représentent à peine le quart de leur niveau dans les années 1980. Par conséquent, multiplier par quatre les investissements n'est pas irréaliste.

Les questions de répartition doivent également être prises en compte. Pour être efficace, tout nouvel accord doit être perçu comme juste par toutes les parties. La priorité est d'investir dans le développement des pays les plus pauvres sans qu'il en résulte une augmentation des émissions mondiales. Cette tâche suppose des investissements et un soutien financier massifs de la part des pays industrialisés. Il ne s'agit pas d'aide au développement au sens traditionnel du terme, mais d'une aide au développement qui profite à tous, aux pays qui apportent leur contribution financière comme aux pays bénéficiaires. La coopération doit par conséquent porter sur plusieurs domaines en même temps : la réduction des émissions, la recherche et développement, le financement de l'investissement et du développement. L'ampleur et la complexité de la tâche sont inédites, mais il n'y a pas d'autre choix que de relever directement le défi.

Les négociations en vue de la COP21 ont soulevé la plupart de ces questions. Les dispositions prises à Paris devront être développées et améliorées au fil du temps. D'autres efforts devront également être déployés, qu'il s'agisse de restrictions commerciales ou de mesures d'un autre ordre. Les processus de la CCNUCC continueront d'occuper une place centrale à cet effet, mais ils ne constitueront plus les seuls terrains de jeu. Le problème climatique est trop complexe, trop étendu et trop important pour qu'un seul mécanisme institutionnel puisse le résoudre à lui seul. Le présent ouvrage donne des pistes pos-

sibles pour explorer les territoires inconnus qui nous attendent. Nous espérons qu'il contribuera aussi à insuffler de nouvelles idées en vue de la mise en place d'un régime climatique viable et efficace pour notre planète.

Références

- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (AIE), 2015, *World Energy Outlook Special Report: Executive Summary*, Paris.
- ARROW K., 2009, « Global Climate Change: A Challenge to Policy », *Economists' Voice*, 4 (3), p. 1-5.
- COOPER R.N., 2008, « The Case for Charges on Greenhouse Gas Emissions », document d'analyse n° 08-10, Harvard Project on International Climate Agreements, Cambridge, Massachusetts.
- GFDRR, OXFAM, PNUD et UNICEF, 2014, « Disaster risk reduction makes development sustainable », document de conférence, Programme des Nations Unies pour le développement.
- PACALA S. et SOLOW R., 2004, « Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies », *Science* 305 (5686) : p. 968-972.
- SCHMALENSSEE R., 1998, « Green house Policy Architecture and Institutions », in Nordhaus W. (éd.), *Economics and Policy Issues in Climate Change*, New York, Routledge, p. 137-158.

Abréviations des rapports du GIEC mentionnés dans les différents chapitres

- **GIEC, 2012**, Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering (Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., Field C., Barros V., Stocker T. F., Dahe Q., Minx J., Mach K., Plattner G.-K., Schlömer S., Hansen G., Mastrandrea M. [éd.]), groupe de travail III du GIEC, Unité d'appui technique, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Allemagne.
- **GIEC, 2013a**, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. et Midgley P.M. [éd.]), 1535 p., Cambridge University Press, Cambridge.
- **GIEC, 2013b**, « Résumé à l'intention des décideurs », in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Stocker T.F. et al. [éd.]), p. 1-30.

-
- **GIEC, 2014a**, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Field C. B., Barros V. R., Dokken D. J., Mach K. J., Mastrandrea M. D., Bilir T. E., Chatterjee M., Ebi K. L., Estrada Y. O., Genova R. C., Girma B., Kissel E. S., Levy A. N., MacCracken S., Mastrandrea P. R. et White L. L. [éd.]), 1132 p., Cambridge University Press, Cambridge.
 - **GIEC, 2014b**, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Edenhofer O. et al. [éd.]), 1435 p., Cambridge University Press, Cambridge.
 - **GIEC, 2014c**, *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (équipe de rédaction principale, Pachauri R. K. et Meyer L. A. [éd.]), Cambridge, Royaume-Uni et New York, État de New York, États-Unis, Cambridge University Press.
 - **GIEC, 2014d**, « Résumé à l'intention des décideurs », in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., Farahani E., Kadner S., Seyboth K., Adler A., Baum I., Brunner S., Eickemeier P., Kriemann B., Savolainen J., Schlömer S., von Stechow C., Zwickel T. et Minx J. C. [éd.]), Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis, Cambridge University Press.
 - **GIEC, 2014e**, « Résumé à l'intention des décideurs », in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Field C. B., Barros V. R., Dokken D. J., Mach K. J., Mastrandrea M. D., Bilir T. E., Chatterjee M., Ebi K. L., Estrada Y. O., Genova R. C., Girma B., Kissel E. S., Levy A. N., MacCracken S., Mastrandrea P. R. et White L. L. [éd.]), Cambridge, Royaume-Uni et New York, Cambridge University Press.
 - **GIEC, 2014f**, « Résumé à l'intention des décideurs », in *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni et New York, Cambridge University Press.

PARTIE I

LES DÉFIS

Chapitre 2

Implications des données scientifiques relatives au climat pour les négociateurs

Thomas F. Stocker

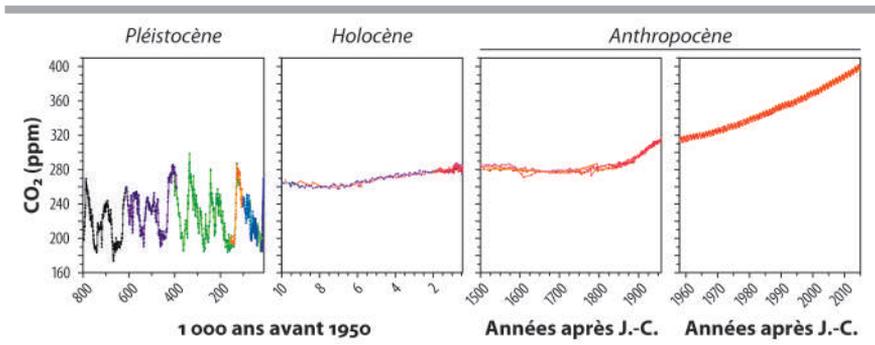
« Les changements climatiques représentent un des plus grands défis de notre temps », affirmaient les parties à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, 2009). Le cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), qui a donné lieu en novembre 2014 à la publication du Rapport de synthèse (GIEC, 2014c), livre un aperçu complet des connaissances scientifiques permettant de quantifier, de comprendre et d'affronter ce problème. Les quatre messages clés du « Résumé à l'intention des décideurs » du Rapport de synthèse sont les suivants :

1. L'influence humaine sur le système climatique ne fait aucun doute et le niveau des émissions anthropiques récentes de gaz à effet de serre n'a jamais été aussi élevé. Le changement climatique récent a exercé des effets généralisés sur les systèmes humains et naturels.
2. La poursuite des émissions de gaz à effet de serre aggravera le réchauffement et modifiera à long terme toutes les composantes du système climatique, ce qui renforcera la probabilité d'effets sévères, généralisés et irréversibles sur les personnes et les écosystèmes. La limitation du changement climatique nécessiterait des réductions substantielles et soutenues des émissions de gaz à effet de serre, qui, parallèlement à l'adaptation, permettraient de limiter les risques du changement climatique.
3. L'adaptation et l'atténuation constituent des stratégies complémentaires de réduction et de gestion des risques du changement climatique. La réduction substantielle des émissions au cours des décennies à venir pourrait diminuer les risques climatiques au 21^e siècle et au-delà, renforcer les chances de réussite des mesures d'adaptation, alléger les coûts et les difficultés liés à l'atténuation sur le long terme et contribuer à l'avènement d'un développement durable capable de résilience face au changement climatique.
4. De nombreuses solutions d'adaptation et d'atténuation peuvent aider à faire face au changement climatique mais aucune d'entre elles ne constitue la panacée. L'efficacité de leur mise en œuvre dépend des politiques et de la coopération à tous les échelons, et peut être renforcée par des réponses intégrées liant l'adaptation et l'atténuation à d'autres objectifs sociétaux.

Le poids de ces déclarations, qui reposent sur des évaluations scientifiques, tient à l'approbation formelle et consensuelle de leur formulation par les pays membres du GIEC.

Le présent chapitre décrit brièvement les apports importants de la physique du climat (section 1) et les envisage du point de vue des menaces qui pèsent sur les ressources primaires de l'espèce humaine et des écosystèmes. La section 2 aborde les projections du changement climatique et établit le lien avec les exigences de l'adaptation et leurs limites. La section 3 propose les émissions de carbone cumulées comme cadre d'évaluation des solutions envisageables pour lutter contre le changement climatique; la section 4 explique pourquoi ces solutions deviennent de plus en plus improbables. Enfin, la section 5 présente les défis qui nous attendent.

Figure 2.1. Concentrations de CO₂ dans l'atmosphère au cours des 800 000 dernières années



Remarques : concentrations de CO₂ dans l'atmosphère mesurées à partir de bulles d'air prises dans diverses carottes de glace prélevées dans l'Antarctique (trois panneaux de gauche) et mesures directes prises au Mauna Loa depuis 1958 (panneau de droite). Les concentrations actuelles sont très supérieures à la fourchette naturelle des variations pendant les cycles glaciaires. La taille de l'échelle temporelle met en lumière l'accélération rapide de l'augmentation du CO₂ : au cours des soixante dernières années, la teneur en dioxyde de carbone a quasiment doublé par rapport aux 400 années précédentes et presque quadruplé par rapport aux 10 000 dernières années.

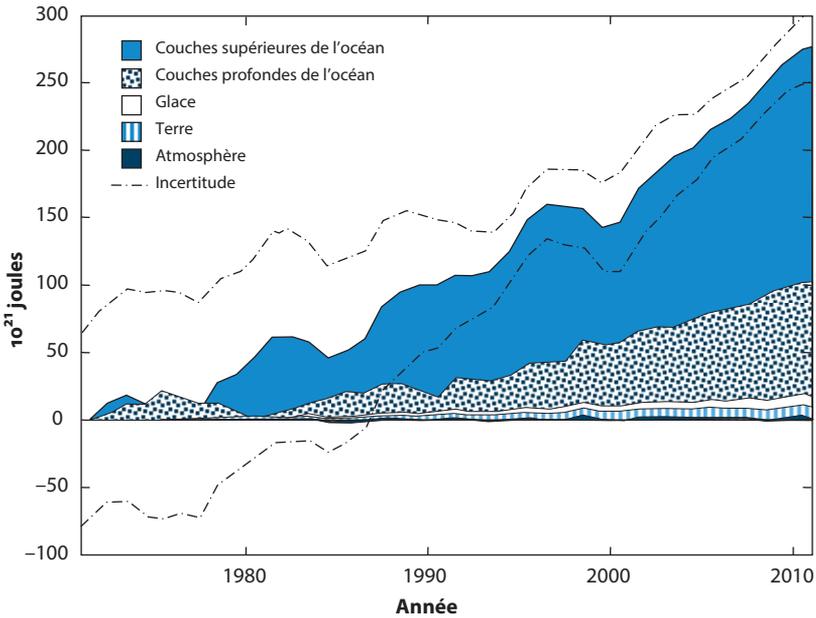
Sources : données extraites de Lüthi *et al.* (2008), Bereiter *et al.* (2015) et NOAA ERSI ; figure réalisée par B. Bereiter.

1. Le changement climatique anthropique, menace pour les ressources primaires

Sans précédent, les concentrations actuelles de dioxyde de carbone dans l'atmosphère sont 30 % supérieures à celles produites pendant au moins les 800 000 dernières années. Elles augmentent plus de cent fois plus vite qu'au cours des 20 000 dernières années (figure 2.1.). Il en va de même pour le méthane et l'oxyde nitreux, les deux autres gaz à effet de serre jouant un rôle important. La composition chimique de l'atmosphère terrestre est désormais

fondamentalement différente de celle qui prévalait avant la révolution industrielle (Hartmann *et al.*, 2013).

Figure 2.2. Accumulation de chaleur dans le système terrestre : évolution de la teneur énergétique du système terrestre depuis 1970



Remarque: plus de 90 % de l'énergie supplémentaire sont stockés dans les deux premiers kilomètres des océans de la planète. Par rapport au réchauffement atmosphérique, qui présente des variations décennales importantes même à l'échelle mondiale, les océans, de par leur rôle d'intégrateur, permettent d'évaluer efficacement le réchauffement.

Source: figure modifiée reprise de Stocker *et al.* (2013) et GIEC (2014c).

Revenant au système climatique physique, le GIEC s'est appuyé sur de multiples mesures interdépendantes effectuées dans l'atmosphère, les océans et la cryosphère pour parvenir à la conclusion que le *réchauffement du système climatique est indubitable*. Depuis 1951, le réchauffement de la Terre (d'environ 0,6 à 0,7 °C) constitue la manifestation la plus palpable de l'évolution de son équilibre énergétique global. Cette situation résulte du forçage radiatif positif observé depuis 1750 dû à l'augmentation de la concentration des principaux gaz à effet de serre dans l'atmosphère et à sa contribution importante au réchauffement (figure 2.1.), ainsi qu'à une moindre contribution des aérosols au refroidissement. La détection de cette énergie supplémentaire dans le système terrestre constitue une manifestation beaucoup plus convaincante des conséquences de ce phénomène. Depuis 1970, la teneur énergétique du système terrestre a augmenté d'environ $250 \cdot 10^{21}$ J (figure 2.2.). Grâce au travail sans précédent accompli par la communauté scientifique internationale

pour mesurer la température de tous les océans depuis la surface jusqu'à une profondeur d'environ deux kilomètres, nous savons que plus de 90 % de cette énergie sont stockés dans les océans (Roemmich *et al.*, 2012). Paradoxalement, le grand public s'attache presque exclusivement aux températures atmosphériques, et notamment à leur variabilité décennale récente (Boykoff, 2014), alors que les océans constituent un intégrateur et un enregistreur naturels du réchauffement.

La hausse des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère entraîne une autre conséquence à long terme : l'acidification des océans (Orr *et al.*, 2005). En règle générale, les décideurs, les négociateurs et le grand public n'ont pas accordé à cette évolution planétaire toute l'attention qu'elle mérite ; elle est néanmoins désormais reconnue comme l'un des changements à long terme les plus dramatiques que l'espèce humaine a infligés au système terrestre. En effet, une grande partie du CO₂ émis demeure dans l'atmosphère pendant des milliers d'années en raison de l'effet tampon de l'eau de mer sur ce gaz. Les conséquences de l'acidification des océans, à laquelle vient s'ajouter le réchauffement mondial, sont mal connues, mais elles toucheront les écosystèmes marins à l'échelle planétaire et feront courir des risques croissants à la vie sous-marine (Gattuso *et al.*, 2015).

Le réchauffement entraîne également la hausse directe et indirecte du niveau de la mer. L'expansion thermique de l'eau qui se réchauffe, la fonte des glaciers et la perte de masse du Groenland et de l'Antarctique contribuent à la hausse rapide du niveau de la mer (Church *et al.*, 2013).

De multiples autres changements ont été détectés au cours des cinquante dernières années dans toutes les composantes du système terrestre. On a ainsi observé, entre autres, la réduction de la surface et de l'épaisseur de la couche de glace de l'océan Arctique, la fonte de la calotte glaciaire du Groenland et de l'Antarctique, le recul des glaciers partout dans le monde, des changements dans le cycle mondial de l'eau ainsi que la fréquence et la violence accrues des événements extrêmes (deux fois plus de canicules, par exemple). Le réchauffement et un grand nombre des changements qu'il entraîne proviennent de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre et d'autres substances dans l'atmosphère. Les simulations modélisées et les travaux d'observation menés à travers le monde aboutissent à cette conclusion, et permettent d'attribuer les changements observés à divers facteurs et causes (Bindoff *et al.*, 2013). Face à la solidité de ces faits scientifiques, le GIEC conclut dans son rapport AR5 que « *l'influence humaine sur le système climatique ne fait aucun doute* ». La formulation simple et directe de cette affirmation, qui résume en quelques mots les milliers d'études scientifiques prises en compte dans la dernière évaluation, a été approuvée par les États membres du GIEC.

Néanmoins, l'ampleur de ces changements physiques et de leurs effets sur l'ensemble de la planète n'apparaîtra clairement aux négociateurs et au grand public que si nous les abordons sous l'angle de leur influence sur la disponibilité des ressources primaires dont l'espèce humaine tire sa subsistance, à savoir la terre, la nourriture et l'eau. Toutes trois sont directement menacées par le changement climatique :

- la superficie des terres disponibles décroît sous l'effet de la hausse du niveau de la mer ;
- les changements apportés à certaines des conditions fondamentales de la vie des écosystèmes telles que les températures et les précipitations moyennes et leur expression saisonnière fragilisent la production alimentaire terrestre ;
- l'effet combiné du réchauffement climatique et de l'acidification des océans risque de nuire à la production alimentaire issue du milieu océanique ;
- la modification à l'échelle planétaire des précipitations et de l'évaporation, qui tend à exacerber des stress préexistants comme la sécheresse et les inondations, épuise les réserves d'eau dans de nombreuses régions du monde.

C'est dans ce contexte que nous devons replacer l'article 2 de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, 1992), qui stipule :

L'objectif ultime de la présente Convention [...] 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. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement au changement climatique, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable.

Il s'est avéré difficile de cerner et de définir le « danger » évoqué par la phrase « *perturbation anthropique dangereuse du système climatique* », car il est impossible à déterminer et à quantifier scientifiquement. De toute évidence, les changements qui influent sur la disponibilité des ressources comportent un risque inhérent. Le développement et l'optimisation des systèmes sociaux se sont déroulés sur une longue période pendant laquelle les ressources sont demeurées stables, leurs variations étant contenues dans des limites relativement étroites. Si la disponibilité des ressources ou leur stabilité venait à s'éloigner des niveaux de résilience testés et expérimentés, l'équilibre fragile des systèmes serait sérieusement mis en cause.

2. Projections du changement climatique et menace liée aux limites de l'adaptation

Les décideurs et le grand public ont souvent du mal à comprendre l'échéance temporelle, étalée sur de nombreuses décennies, des projections du changement climatique. Comment les scientifiques peuvent-ils estimer l'évolution à long terme du système terrestre quand il est quasiment impossible de prédire les conditions météorologiques à environ dix jours ? Une analogie simple tirée de la physique classique devrait éclaircir cette question récurrente. Prenons un récipient rempli d'eau posé sur une plaque chauffante ; nous connaissons

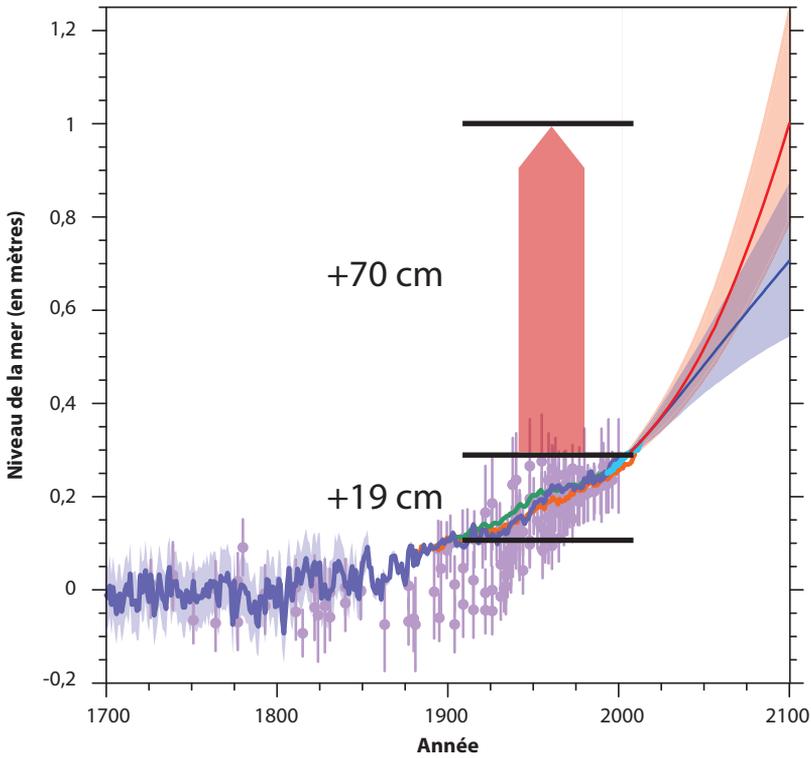
les dimensions du récipient, la quantité d'eau et la puissance électrique de la plaque. Tout le monde conviendra que nous pouvons estimer assez précisément la température moyenne de l'eau au bout, par exemple, de cinq minutes de chauffage à un niveau de puissance donné. En revanche, nous ne pourrions pas dire au cuisinier à quel moment une bulle de vapeur d'eau se formera au fond du récipient et montera à la surface. Heureusement, le cuisinier ne s'en souciera probablement pas. Nous sommes incapables de fournir cette information en raison de la turbulence du fluide et des processus chaotiques associés à la convection lorsqu'un fluide est placé sur une source de chaleur (Lorenz, 1963). Néanmoins, l'existence de ces processus internes chaotiques ne nous empêche pas d'estimer avec beaucoup de précision la température moyenne à partir de l'équilibre énergétique. Un petit effort supplémentaire nous permettra également de connaître les statistiques de la formation de bulles au fond du récipient en fonction du temps.

Cette analogie convient parfaitement à la prévision du changement climatique. L'exemple montre pourquoi nous pouvons être certains du bien-fondé de nos estimations relatives à l'avenir du système terrestre, même si nous sommes incapables d'en quantifier toute la dynamique interne à chaque instant. La puissance de la plaque chauffante constitue l'information essentielle pour estimer l'évolution de la température de l'eau dans le récipient ; dans le cas du changement climatique, il s'agit du scénario des émissions de gaz à effet de serre.

Des modèles climatiques complets basés sur de nouveaux scénarios d'émissions permettent d'anticiper l'évolution du système climatique au 21^e siècle et au-delà¹. Hormis celui où les émissions sont les plus faibles, tous les scénarios prédisent, d'ici la fin du 21^e siècle, une hausse de la température de surface mondiale qui dépassera *probablement* 1,5 °C par rapport à la période 1850-1900. Le scénario à faible niveau d'émissions suppose une intervention politique efficace qui réduirait drastiquement les émissions d'environ 50 % d'ici 2050, suivie d'une décarbonisation totale. À l'inverse, un scénario de *statu quo* aboutit à une augmentation moyenne de la température supérieure à 4,5 °C par rapport à la période 1850-1900, avec de profondes modifications de toutes les composantes du système climatique. Par rapport à la période 1986-2005, le niveau de la mer progresserait de 0,52 à 0,98 m d'ici 2100 à raison de 8-16 mm par an sous l'effet du réchauffement accru des océans et de la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. Dans ce scénario, l'océan Arctique sera probablement presque entièrement dégelé dès le mois de septembre avant le milieu du siècle. Par ailleurs, le contraste entre régions humides et sèches et entre saison humide et saison sèche, s'accroîtra. L'influence du changement climatique sur les processus du cycle du carbone accroîtra sensiblement la présence de CO₂ dans l'atmosphère. Les océans continueront à absorber le carbone et leur taux d'acidification progressera en conséquence.

1. Voir le chapitre 3 de ce volume par O. Edenhofer, S. Kadner, C. von Stechow et J.C. Minx : *Au-delà de la limite de 2 °C : faire face aux défis économiques et institutionnels*.

Figure 2.3. Échelle des engagements d'adaptation à la hausse du niveau de la mer



Remarques : compilation des paléo-données sur le niveau de la mer (violet), des données de marégraphes (bleu, rouge et vert), des données d'altimètres (bleu clair), des estimations centrales et des fourchettes probables des projections de hausse moyenne du niveau de la mer dans le monde. Les données ont été agrégées à partir des résultats du projet CMIP5 et de modèles basés sur des processus pour les scénarios RCP2.6 (bleu) et RCP8.5 (rouge) et comparées aux valeurs préindustrielles. Au cours des cent dernières années, il a fallu s'adapter à une hausse de 19 cm, très inférieure aux 70 cm estimés pour 2100 dans un scénario de statu quo.

Source : figure modifiée reprise de Stocker *et al.*, 2013

Ces changements confrontent les décideurs et les négociateurs à la question clé de la capacité d'adaptation ; pour l'illustrer, nous recourons aux projections de hausse du niveau de la mer (figure 2.3.). L'adaptation à une hausse du niveau de la mer de 19 cm a commencé au début du 20^e siècle. Il convient néanmoins de noter qu'il n'a pas été nécessaire de s'y adapter complètement, puisque de nombreuses infrastructures côtières n'ont vu le jour qu'au cours de ce siècle. La comparaison de ces données aux efforts d'adaptation requis dans un scénario de *statu quo* (70 cm de plus), en tenant compte également de la maturité des infrastructures et de la présence d'agglomérations côtières qui devront s'adapter, donne une idée des graves problèmes à escompter. Le

scénario d'atténuation (RCP2.6) requiert encore une adaptation à la hausse du niveau de la mer, mais inférieure de moitié environ. À noter qu'il ne suffira pas de bien s'adapter aux conditions du 21^e siècle, car le niveau de la mer continuera à grimper bien après 2100. De nombreuses régions auront probablement déjà atteint les limites de leur capacité d'adaptation au 21^e siècle (Klein *et al.*, 2014). L'adaptation des écosystèmes terrestres et marins présente elle aussi des limites (Burrows *et al.*, 2011).

Les limites d'adaptation que nous risquons d'atteindre au 21^e siècle dépendront des choix et des mesures pris aujourd'hui ; elles relèvent de la notion fondamentale que le système terrestre n'est habitable que dans des limites restreintes dites « limites planétaires » (Rockström *et al.*, 2009). Si ces limites changent du fait de l'activité humaine ou si nous forçons le système terrestre à les dépasser, le bon fonctionnement du monde tel que nous le connaissons aujourd'hui sera gravement menacé.

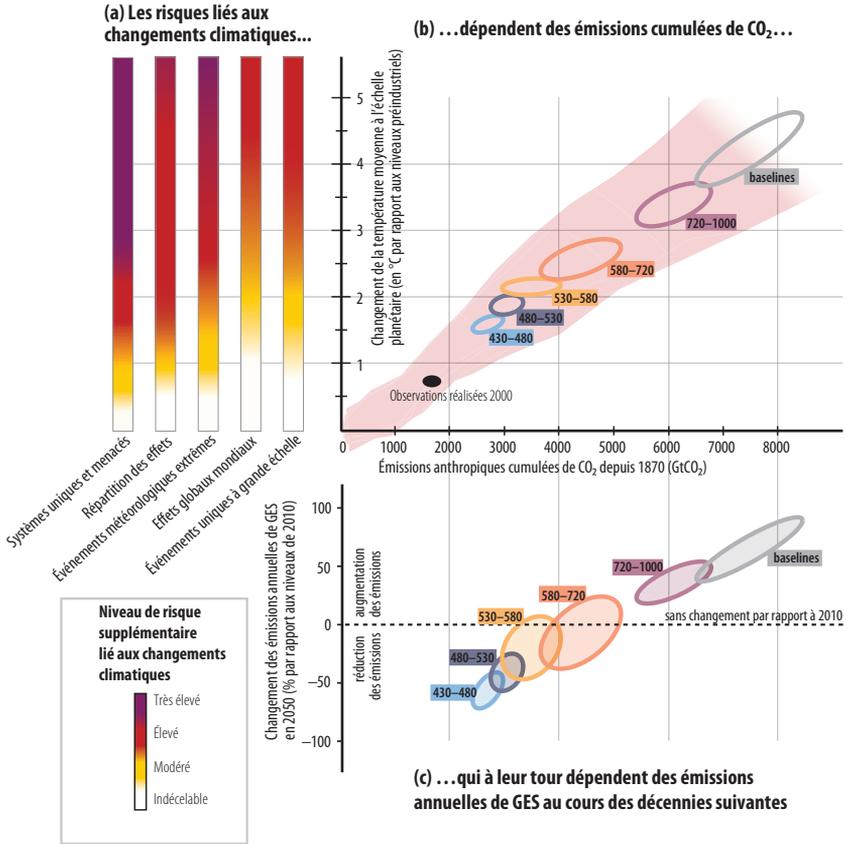
3. Solutions actuelles au problème

Aux fins du rapport AR5, divers scénarios d'émissions ont été élaborés pour anticiper l'évolution possible du système terrestre, selon plusieurs modèles du système terrestre et du changement climatique (GIEC, 2013a). Ils permettent également d'évaluer les effets et les risques (GIEC, 2014a), de connaître les solutions technologiques envisageables et de cerner les exigences économiques et sociétales (GIEC, 2014b). L'ensemble de ces résultats, communiqués par le biais des quatre « voies de concentration représentatives » (scénarios RCP), suggère diverses options. De fait, le choix s'offre à nous aujourd'hui entre i) un système terrestre profondément modifié, caractérisé par une disponibilité différente des deux principales ressources indispensables aux communautés humaines et aux écosystèmes et ii) un système terrestre moins modifié, où l'adaptation demeurera réalisable dans de nombreuses régions. Dans le premier cas, la poursuite de la hausse du niveau de la mer rognera la superficie de terres disponibles et exercera des effets sévères et généralisés sur les agglomérations côtières. Par ailleurs, la modification du cycle mondial de l'eau creusera les disparités entre régions sèches et humides, avec des conséquences particulièrement graves pour les zones déjà victimes de sécheresse.

Mais ces options ont une date de péremption : si la progression des émissions de gaz à effet de serre se poursuit à raison d'environ 1,8 % par an comme au cours des quarante dernières années, leur faisabilité disparaîtra progressivement. Grâce au rapport AR5, les négociateurs sont en mesure d'établir le lien entre l'évaluation des risques liés au changement climatique et la nécessité de l'enrayer. Il s'agit là de l'apport majeur du Rapport de synthèse (GIEC, 2014c). La relation quasi linéaire entre le réchauffement moyen de la surface planétaire d'ici la fin du 21^e siècle et le total cumulé des émissions de CO₂ depuis l'ère industrielle (GIEC, 2013b) constitue un nouvel élément essentiel. Plus les émissions cumulées seront conséquentes, plus la température maximale

sera élevée au 21^e siècle. Reconnaître que le réchauffement est fonction de la quantité totale d'émissions confère aux causes du réchauffement futur une perspective historique majeure qui manquait jusqu'ici.

Figure 2.4. Résultats les plus pertinents en termes de politiques issus de la synthèse des évaluations menées par les trois groupes de travail



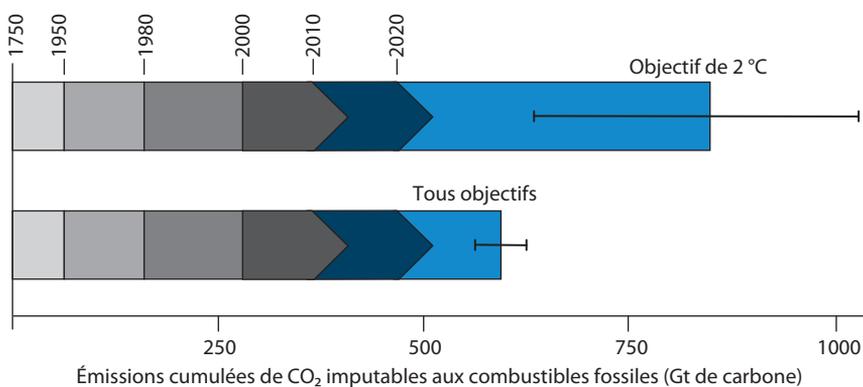
Remarques: le panneau (a) identifie cinq risques principaux liés au changement climatique, dont les niveaux augmentent avec la hausse des températures. En raison de la relation quasi linéaire entre les émissions anthropiques cumulées de CO₂ et le réchauffement (panneau (b)), le niveau de risque est fonction de la quantité totale de CO₂ émise. Il est possible d'estimer les besoins en réduction des émissions d'ici 2050 sur la base des émissions à ce jour (panneau (c)). Par exemple, pour que la probabilité de limiter les risques à ceux escomptés pour un réchauffement de 2°C maximum soit supérieure à 66 %, il faut réduire les émissions de 40 à 70 % par rapport aux niveaux de 2010. La marge d'incertitude estimée est représentée par la zone colorée (panneau b) et les ellipses (panneaux b et c).

Source: schémas modifiés repris des travaux du GIEC (2014c).

La figure 2.4. illustre cette conclusion, d'une grande pertinence en termes de politiques. Les risques liés au changement climatique augmentent à des taux spécifiques en fonction du réchauffement (panneau (a)). Par conséquent, la

limite que le processus de négociation politique pourrait fixer au risque est une quantité acceptable d'émissions cumulées (panneau (b)), c'est-à-dire un budget carbone limité. L'indicateur est ici la température, mais l'article 2 de la CCNUCC indique clairement que celle-ci ne permettra pas à elle seule d'atteindre l'objectif déclaré: si elle constituait l'unique indicateur de changement, les risques liés à l'acidification des océans ne seraient ainsi pas pris en compte. De la même manière, les conséquences à long terme d'une hausse du niveau de la mer ne sont pas directement proportionnelles au réchauffement qui se produira au 21^e siècle. Tout accord visant à limiter le changement climatique, ses effets et ses risques implique de ne pas dépasser le budget carbone fixé et donc contraint les pays à réduire leurs émissions. Le panneau (c) quantifie ces réductions à l'horizon 2050. Le budget carbone requiert également clairement une décarbonisation complète nette au-delà de 2050 pour maintenir le réchauffement en dessous d'un objectif convenu.

Figure 2.5. Effet de plusieurs objectifs climatiques sur les émissions cumulées



Remarques: les émissions cumulées de combustibles fossiles, hors modifications passées et futures de l'utilisation des terres, compatibles avec un objectif de température unique (barre du haut) sont beaucoup plus importantes que celles conformes à des objectifs climatiques, pertinents en termes de politiques, qui satisfont de manière plus complète aux dispositions de l'article 2 de la CCNUCC. La fourchette probable (66 %) des estimations probabilistes est indiquée par les barres d'incertitude.

Source: figure réalisée par M. Steinacher d'après Steinacher *et al.*, 2013.

L'évaluation du groupe de travail I conclut que, pour espérer raisonnablement maintenir le réchauffement mondial moyen en dessous de 2 °C, il faudrait que la quantité totale maximale de carbone émise dans l'atmosphère depuis la fin du 19^e siècle ne dépasse pas environ 1 000 milliards de tonnes². En 2014, on

2. Le groupe de travail I rapporte les réductions d'émissions en milliards de tonnes de carbone (GtC) alors que le groupe de travail III les donne en milliards de tonnes de dioxyde de carbone (GtCO₂) (1 GtC = 3,667 GtCO₂). Par ailleurs, leurs rapports respectifs indiquent systématiquement l'incertitude.

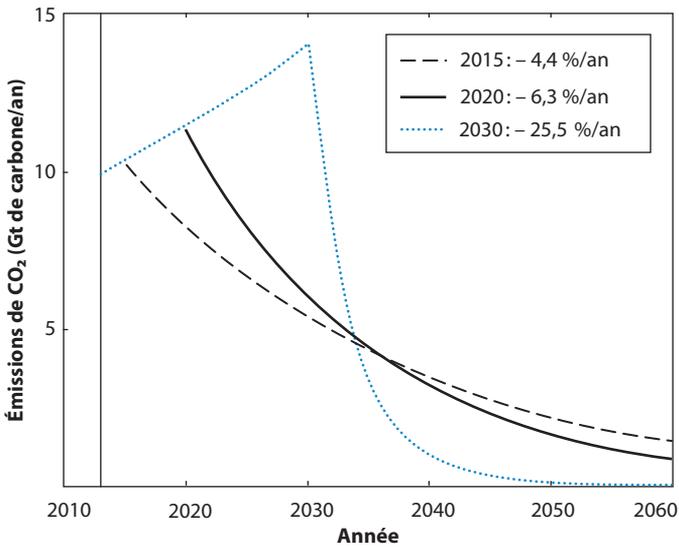
atteignait déjà 545 milliards de tonnes. Il ne resterait donc plus que 455 milliards de tonnes à émettre pour atteindre cet objectif, voire seulement 245 milliards de tonnes si l'on prend en compte les impacts d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane et l'oxyde nitreux issus de la production alimentaire, soit moins de 25 ans d'émissions aux niveaux de 2014. Certes très simplifiée, cette estimation montre néanmoins que les mesures envisageables ne resteront pas éternellement applicables et doivent être mises en œuvre sans tarder.

L'objectif de température convenu par les parties de la CCNUCC (CCNUCC, 2010) ne garantit pas que l'objectif de l'article 2 sera complètement atteint. L'adaptation, la production alimentaire et l'éradication de la pauvreté grâce au développement durable exigent une approche plus globale. La définition d'objectifs climatiques supplémentaires proposée par Steinacher *et al.* en 2013 constitue un premier pas dans cette direction. Moins complexe, le modèle de système terrestre Bern3D a permis de définir divers ensembles d'objectifs climatiques combinés et de procéder au calcul probabiliste des émissions de carbone cumulées compatibles. Ces objectifs portaient à la fois sur des quantités physiques et des quantités liées au cycle du carbone: limite de la température moyenne mondiale, mais aussi de la hausse du niveau de la mer, de l'acidification des océans et de la perte de production primaire terrestre. Le détail des calculs met en évidence une baisse notable du budget global de l'ordre de 30 % si tous les objectifs sont atteints avec des niveaux d'ambition comparables pour chacun d'entre eux (figure 2.5.).

4. Tandis que les négociations se poursuivent, les mesures d'atténuation et d'adaptation sont de moins en moins nombreuses

La longueur des négociations due à leur complexité nuit au but ultime de la CCNUCC, à savoir stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Convenus en 1992, cet objectif n'est entré en vigueur qu'en 1994. Depuis lors, plus de 20 % du budget d'émissions de carbone cumulées compatible avec l'objectif des 2 °C, soit 42 % du budget restant à cette date, ont été consommés. Le moment où commencera la réalisation des objectifs de réduction des émissions est crucial. À titre d'exemple, nous envisagerons des objectifs d'émissions idéaux (Stocker, 2013), suffisamment simples pour se prêter aisément à une évaluation analytique. La figure 2.6. représente trois approches applicables à un programme d'atténuation mondial, toutes compatibles avec l'objectif des 2 °C, mais commençant à des moments différents. De toute évidence, plus la mise en œuvre démarre tardivement, plus le niveau d'atténuation devient exigeant. Si l'on commençait immédiatement, les émissions devraient chuter à un taux constant de 4,4 % par an alors que, dans quinze ans, le taux de décarbonisation passe à plus de 25 % par an, un chiffre irréaliste sur le plan économique (den Elzen *et al.*, 2007).

Figure 2.6. Courbes d'émissions exponentielles idéales compatibles avec un objectif de 2 °C



Remarques : chaque courbe suppose une période d'augmentation continue des émissions de 2 % par an (soit environ le taux actuel à long terme) suivie d'une réduction soutenue commençant à divers moments dans l'avenir.

Source : d'après Stocker, 2013.

Une autre façon d'envisager le problème consiste à obtenir le taux de réduction des émissions requis compte tenu d'un objectif de température convenu et à fixer l'année de commencement de l'atténuation. Plus celui-ci est tardif, plus l'objectif de température devient difficile à atteindre. Allen et Stocker ont introduit en 2014 un nouvel indicateur (sensibilité à un démarrage tardif de l'atténuation ou MDS) permettant de mesurer la vitesse à laquelle les objectifs climatiques deviennent inatteignables, et donc obsolètes : cette mesure est totalement pertinente en termes de politiques, car elle indique directement le degré d'urgence des mesures d'atténuation à mettre en œuvre pour qu'un objectif demeure réalisable. Le MDS peut également être calculé pour d'autres quantités pertinentes en termes de politiques telles que la hausse du niveau de la mer ou l'acidification des océans (Pfister et Stocker, 2015).

Les estimations issues des modèles montrent que, dans dix ans environ, l'objectif de 2,5 °C sera devenu aussi ambitieux que celui de 2 °C aujourd'hui (Allen et Stocker, 2014). À ambition constante, l'objectif de température réalisable augmente donc de deux à six fois plus vite que le réchauffement observé au cours des dernières décennies. Le niveau de la mer ne réagissant que lentement au forçage radiatif, les MDS correspondants sont de 9 à 25 fois plus importants que les chiffres constatés actuellement. Par conséquent, le réchauffement et la hausse du niveau de la mer observés conduisent à sous-estimer largement l'urgence du problème.

5. Défis pour l'avenir et conclusions

Pour être utiles aux décideurs, les informations relatives aux changements subis par le système terrestre doivent se régionaliser. La mise à l'échelle des informations (modèles planétaires, modèles régionaux portant sur des zones limitées, et modèles à petite échelle) améliorera la qualité de l'échange d'informations entre les communautés scientifiques s'intéressant aux processus physiques du système terrestre et celles étudiant les effets, la vulnérabilité et le risque. Des cartes de risque quantitatives seraient particulièrement utiles aux négociateurs à ce stade, mais leur réalisation nécessiterait de quantifier la vulnérabilité et l'exposition au changement climatique. Les communautés scientifiques concernées pourraient peut-être concevoir une stratégie à long terme, sous l'égide du programme Future Earth (www.futureearth.org) par exemple, visant à élaborer, comparer, évaluer et appliquer des modèles d'effets et de risques à l'aide de l'approche adoptée avec succès par le World Climate Research Programme (wcrp-climate.org) pour sa série de projets de comparaison de modèles couplés (CMIP5).

Le laps de temps limité pendant lequel il nous sera encore possible de réaliser l'objectif des 2 °C constitue l'un des défis majeurs auquel sont confrontés les négociateurs. Pendant que l'on cherche des solutions (voir la Partie III du présent ouvrage), que l'on formule des accords et que l'on négocie des cadres juridiques, les émissions de carbone continuent à progresser partout dans le monde ; à niveau constant d'ambition en matière de réduction des émissions, environ 0,4 °C de l'objectif de température est perdu chaque décennie. Une fois le budget carbone d'un objectif spécifique épuisé, ce dernier devient définitivement irréalisable (exception faite des émissions négatives à l'échelle planétaire, qui seront indisponibles dans un avenir proche). De ce fait, à un moment donné, il deviendra nécessaire de réviser à la hausse les objectifs liés au changement climatique. Si cela se produit, comment gérerons-nous un tel échec de la gouvernance mondiale ?

D'un point de vue plus large, nous devrions reconnaître qu'il est indispensable de faire face au changement climatique pour atteindre les objectifs de développement durable auxquels les pays se sont engagés. L'atténuation efficace du changement climatique constitue un bon point de départ et permettra d'atteindre plus rapidement un grand nombre d'entre eux. En revanche, le *statu quo* empêchera à coup sûr leur réalisation. Par conséquent, la réponse au changement climatique doit faire partie intégrante de la stratégie de réalisation des objectifs de développement durable.

Références

- ALLEN M.R. et STOCKER T.F., 2014, « Impact of delay in reducing carbon dioxide emissions », *Nature Climate Change* 4, p. 23-26.
- BEREITER B., EGGLESTON S., SCHMITT J., NEHRBASS-AHLES C., STOCKER T.F.,

- FISCHER H., KIPFSTUHL S. et CHAPPELLAZ J., 2015, « Revision of the EPICA Dome C CO₂ record from 800 to 600 kyr before present », *Geophysical Research Letters* 42 (2), p. 542-549.
- BINDOFF N.L., STOTT P.A. *et al.*, 2013, « Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional » in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press.
 - BOYKOFF M.T., 2014, « Media discourse on the climate slowdown », *Nature Climate Change* 4, p. 156-158.
 - BURROWS M.T. *et al.*, 2011, « The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems », *Science* 334, p. 652-655.
 - CCNUCC, 1992, Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705), New York.
 - CCNUCC, 2009, Accord de Copenhague (FCCC/CP/2009/11/Add.1), New York.
 - CCNUCC, 2010, Accords de Cancún (FCCC/CP/2010/7/Add.1), New York.
 - CHURCH J.A., CLARK P.U. *et al.*, 2013, « Sea Level Change » in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press.
 - DEN ELZEN M., MEINSHAUSEN M., et VAN VUUREN D., 2007, « Multi-gas emission envelopes to meet greenhouse gas concentration targets: Costs versus certainty of limiting temperature increase », *Global Environmental Change* 17 (2), p. 260-280.
 - GATTUSO J.P. *et al.*, 2015, « Constrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios », *Science* 349.
 - GIEC, 2013a, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2013b, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014a, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014b, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014c, *Climate Change 2014: Synthesis Report* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - HARTMANN D.L., KLEIN TANK A.M.G., RUSTICUCCI M. *et al.*, 2013, « Observations: Atmosphere and Surface » in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press.
 - KLEIN R.J.T., MIDGLEY G.F., PRESTON B.L. *et al.*, 2014, « Adaptation opportunities, constraints, and limits » in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, Cambridge University Press.
 - LORENZ E.N., 1963, « Deterministic non-periodic flow », *Journal of the Atmospheric Sciences* 20, p. 130-141.
 - LÜTHI D., LE FLOCH M., BEREITER B., BLUNIER T., BARNOLA J.-M.,

-
- SIEGENTHALER U., RAYNAUD D., JOUZEL J., FISCHER H., KAWAMURA K. et STOCKER T.F., 2008, « High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present », *Nature* 453, p. 379-382.
- ORR J.C. *et al.*, 2005, « Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms », *Nature* 437, p. 681-685.
 - PFISTER P.L. et STOCKER T.F., 2015, « Earth System commitments due to delayed mitigation », *Science* (soumis pour publication).
 - ROCKSTRÖM J. *et al.*, 2009, « A safe operating space for humanity », *Nature* 461, p. 472-475.
 - ROEMMICH D., GOULD J.W. et GILSON J., 2012, « 135 years of global ocean warming between the Challenger expedition and the Argo Programme », *Nature Climate Change* 2, p. 425-428.
 - STEINACHER M., JOOS F. et STOCKER T.F., 2013, « Allowable carbon emissions lowered by multiple climate targets », *Nature* 499, p. 197-201.
 - STOCKER T.F., 2013, « The closing door of climate targets », *Science* 339, p. 280-282.
 - STOCKER T.F., QIN D., PLATTNER G.-K. *et al.*, 2013, Résumé technique in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press.

Chapitre 3

Au-delà de la limite de 2 °C : faire face aux défis économiques et institutionnels

Ottmar Edenhofer, Susanne Kadner, Christoph von Stechow, Jan Min

Les principaux obstacles à la réalisation des objectifs climatiques ambitieux que nous nous sommes fixés sont l'abondance de combustibles fossiles et les risques que comportent les technologies à émissions négatives, tels que le déploiement massif de la bioénergie. Au vu du risque très élevé de répercussions graves, généralisées et irréversibles à l'échelle mondiale qu'entraîne le changement climatique anthropique soutenu, ce chapitre s'interroge sur la pertinence de limiter l'augmentation de la température moyenne du globe à 2 °C et sur les implications technologiques et économiques d'une telle limite. Il conclut sur les mesures d'atténuation à adopter à court terme pour amorcer l'indispensable mais complexe mutation à grande échelle de nos modèles de production et de consommation de l'énergie.

1. Les dangers du changement climatique – les raisons d'une limite à 2 °C

Confrontés à une plus grande probabilité que « le risque de conséquences graves, généralisées et irréversibles à l'échelle du globe soit très élevé » en raison du changement climatique anthropique soutenu (GIEC, 2014d), les décideurs de tous les pays se sont réunis à Paris à l'occasion de la Conférence des Parties (COP21) pour œuvrer à l'élaboration d'un nouveau traité international sur le climat. La politique climatique est prisonnière d'une course contre la montre, sachant que les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont augmenté plus rapidement au cours de la première décennie de ce siècle qu'au cours de toute autre décennie, malgré l'augmentation des efforts d'atténuation déployés. L'un des principaux facteurs de ce problème est la renaissance actuelle du charbon, qui ne permet pas de dissocier la croissance économique et démographique des émissions de GES (GIEC, 2014a ; Steckel *et al.*, 2015). L'abondance de combustibles fossiles est l'un des défis majeurs auxquels doit faire face la politique climatique. La mise en place d'un régime climatique viable et efficace implique nécessairement de comprendre les conséquences technologiques et économiques de la limitation des rejets de GES dans l'atmosphère (voir section 2) et de mettre en place des mesures d'atténuation à court terme (voir section 3).

Comme le souligne le cinquième Rapport d'évaluation (RE5) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la température moyenne du globe est une fonction quasi linéaire du budget carbone mondial (voir GIEC, 2013, figures RID.10 et RID.12.45; GIEC, 2014d, figure RID.10). Si un certain volume d'émissions de carbone s'accumule dans l'atmosphère, l'augmentation de la température à long terme sera pour ainsi dire irréversible, à moins que soient disponibles des technologies permettant une élimination nette de CO₂ atmosphérique, appelées « technologies à émissions négatives ». Bien qu'il puisse être nécessaire et utile d'intégrer ces technologies à un portefeuille de mesures d'atténuation, le déploiement à grande échelle qu'elles requièrent entraîne des risques importants (voir section 2) et il est peu probable qu'elles enrayerent rapidement le changement climatique (GIEC, 2013). Les risques que représentent ces technologies et d'autres mesures d'atténuation doivent être mis en balance avec les risques des répercussions climatiques, avant de définir un objectif climatique clair.

Les économistes ont souvent tenté de déterminer l'équilibre optimal entre l'atténuation, l'adaptation et les incidences climatiques résiduelles. Toutefois, les profondes différences entre les diverses approches méthodologiques, ainsi que les lacunes importantes en matière de connaissances rendent difficile la comparaison directe de ces incidences en termes de coûts/bénéfices (Kunreuther *et al.*, 2013; GIEC, 2014e). Plus fondamentalement, la définition d'un objectif climatique optimal s'appuie sur un grand nombre de jugements de valeur implicites et de considérations éthiques, qui peuvent être contestés au sein des sociétés pluralistes. Ces jugements et considérations revêtent une importance fondamentale, par exemple, lorsque le poids accordé aux coûts de l'atténuation, largement supportés par les générations actuelles, prend le pas sur celui des dommages causés par le changement climatique et principalement subis par les générations futures (Kolstad *et al.*, 2014). Il semble donc approprié d'aborder la problématique du point de vue de la gestion du risque afin d'évaluer les risques du changement climatique (en termes d'impacts et de limites de l'adaptation) et les risques des mesures d'atténuation (en termes de coûts de l'atténuation et des effets secondaires indésirables potentiels des technologies). Au final, la décision quant au niveau de température le plus acceptable revient aux décideurs et au public, qui pourront baser leur discussion sur l'ensemble des différents risques, exposés dans le RE5 (Edenhofer et Kowarsch, 2015).

La hausse des températures augmente la probabilité de répercussions graves, généralisées et irréversibles (GIEC, 2014c). Sans le déploiement d'efforts d'atténuation supplémentaires, la température moyenne du globe augmentera d'environ 4 °C (entre 3,7 et 4,8 °C d'après la réponse climatique médiane) d'ici la fin du 21^e siècle et entraînera, même avec l'adaptation, des risques liés au changement climatique élevés à très élevés (Clarke *et al.*, 2014; GIEC, 2014a; GIEC, 2014e). Ces risques comprennent notamment la fonte de la calotte glaciaire arctique, l'extinction massive d'espèces, d'importantes contraintes pour les activités humaines et l'augmentation de l'insécurité alimentaire à l'échelle

mondiale et régionale (GIEC, 2014c). Maintenir le réchauffement planétaire en dessous de 2 °C permettrait de réduire considérablement ces risques liés au changement climatique par rapport au *statu quo*, notamment dans la seconde moitié du 21^e siècle (GIEC, 2014c; GIEC, 2014d). Ainsi, le RE5 a clairement souligné les grandes différences de risques entre une hausse de la température de 4 °C et une augmentation de 2 °C et a reconnu la difficulté de saisir les différences d'impact sur le climat pour des variations de température plus basses, de l'ordre de 1,5 °C, 2 °C, 2,5 °C ou 3 °C. Une hausse de la température de 2 °C ou moins s'accompagne elle aussi de risques dus aux dommages climatiques, indépendamment des efforts d'atténuation et d'adaptation (GIEC, 2014d).

À l'inverse des dommages climatiques, les risques des mesures d'atténuation ne sont généralement pas irréversibles (hormis, par exemple, en cas d'accidents nucléaires ou de perte de la biodiversité), car ces dernières offrent la possibilité de procéder par essai-erreur et permettent ainsi un processus d'apprentissage social quant à la mise en œuvre des politiques climatiques. Ainsi, les risques des mesures d'atténuation sont considérés comme fondamentalement différents des risques posés par un changement climatique se poursuivant au même rythme, en termes de « nature, de durée, d'ampleur et de persistance » (GIEC, 2014e). Toutefois, les risques des mesures d'atténuation diffèrent également d'un profil d'évolution à l'autre¹. Ces différences reposent principalement sur la disponibilité et le choix des technologies, ainsi que sur la rigueur et le calendrier des mesures de réduction des émissions de GES (voir troisième section) (Clarke *et al.*, 2014; GIEC, 2014a).

Une fois un certain niveau de température dépassé, seules deux options permettent de lutter contre le changement climatique : l'adaptation et la gestion du rayonnement solaire, la dernière tentant de modifier intentionnellement le bilan radiatif de la Terre. Certaines incidences environnementales du changement climatique, telles que l'acidification des océans, ne peuvent pas être réduites à l'aide de ces technologies. Par ailleurs, des effets secondaires indésirables peuvent nécessiter une évaluation approfondie (GIEC, 2013). Compte tenu des incertitudes inhérentes aux incidences de ces options et aux répercussions futures du changement climatique, fixer la limite du réchauffement à 2 °C peut être vu comme l'application du principe de précaution, qui se base sur la synthèse de données scientifiques probantes et sur les jugements de valeur d'experts quant aux solutions pour éviter un changement climatique dangereux. Si la température moyenne du globe ne peut pas être contrôlée directement, un budget carbone peut néanmoins être défini afin de limiter la température moyenne mondiale avec une certaine probabilité (voir GIEC, 2014b, tableau RID.1). Cependant, comme le montre la prochaine section, la fenêtre d'opportunités permettant de rester en dessous de la limite de 2 °C se referme rapidement.

1. Un grand nombre de technologies d'atténuation offrent aussi des avantages associés qui favorisent la réalisation des objectifs des politiques non climatiques (von Stechow *et al.*, 2015). Ces avantages sont souvent constatés au niveau local et peuvent inciter à la mise en place de mesures d'atténuation unilatérales; ils sont abordés dans la troisième section.

2. Implications technologiques et économiques d'une limite à 2 °C

Limiter les risques climatiques en maintenant l'augmentation de la température moyenne du globe en dessous de 2 °C (avec une probabilité supérieure à 66 %) suppose un budget carbone restant d'environ 1 000 GtCO₂ (entre 750 et 1 400) (GIEC, 2014e). Si la tendance actuelle se poursuit, ce budget sera totalement épuisé au cours des 20 ou 30 prochaines années. Avec plus de 15 000 GtCO₂ dans les réserves et les ressources souterraines de combustibles fossiles, il est clair que nous ne serons pas à court. La plus grande pénurie du 21^e siècle risque plutôt de concerner l'espace limité de rejet des GES dans l'atmosphère (voir figure 3.1.).

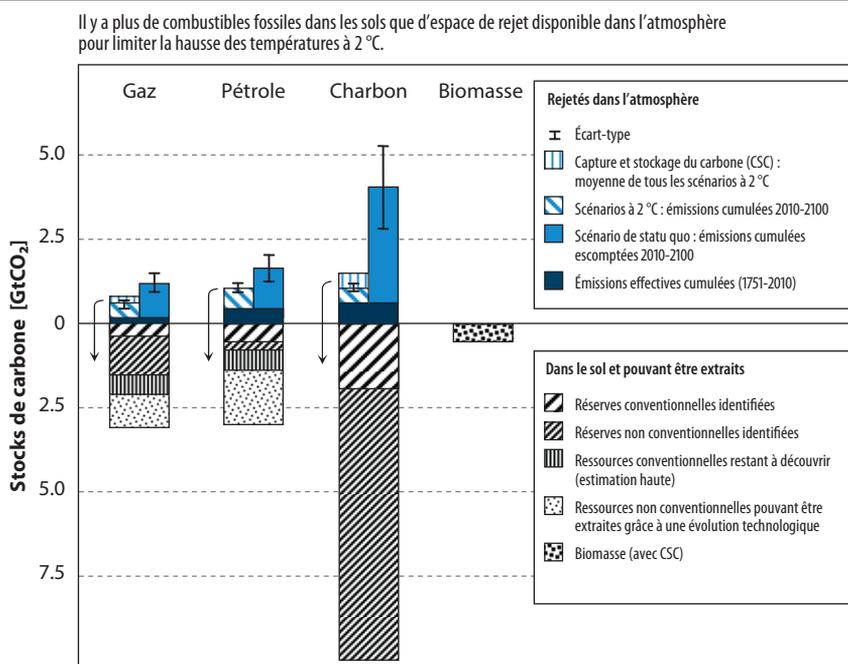
Respecter ce budget carbone très serré nécessite une réduction des émissions annuelles de GES de 40 à 70 % d'ici 2050, pour tendre par la suite vers zéro, puis vers des émissions négatives. Il est donc impératif d'accélérer l'amélioration de l'efficacité énergétique et de multiplier par trois ou quatre la part, dans l'approvisionnement en énergie, de l'énergie décarbonisée ou sobre en carbone provenant des énergies renouvelables, de l'énergie nucléaire, des énergies fossiles auxquelles seraient associés le captage et le stockage du dioxyde de carbone (CSC) ou la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECCS) d'ici 2050 (Clarke *et al.*, 2014). La majorité des scénarios présentant une probabilité de plus de 66 % de maintenir la hausse de la température moyenne du globe en dessous de la limite de 2 °C resteront dans les limites du budget carbone uniquement si la dette carbone est remboursée par le biais d'émissions mondiales nettes négatives vers la fin du 21^e siècle. En d'autres termes, une quantité de CO₂ atmosphérique plus importante que celle générée par toutes les activités humaines doit être éliminée grâce au déploiement à grande échelle de la BECCS ou du boisement. Dans une certaine mesure, ces difficultés pourraient être allégées en réduisant la demande d'énergie finale à court terme et en diminuant la consommation de combustibles fossiles, ce qui limiterait l'urgence actuelle de décarboniser l'approvisionnement en énergie. De plus, cela offrirait des avantages associés qui compenseraient les quelques effets secondaires indésirables des mesures d'atténuation dans les secteurs des transports, du bâtiment et de l'industrie. Du point de vue de l'approvisionnement en énergie, l'équilibre dépend en grande partie du contexte spécifique des technologies et de la mise en œuvre (Clarke *et al.*, 2014; von Stechow *et al.*, 2015).

Outre ces défis technologiques, respecter le budget carbone requiert également une dévaluation des actifs de charbon, de pétrole et de gaz². En effet, par rapport au *statu quo* (figurant dans la base de données de scénarios utilisée

2. En réduisant l'espace de rejet des GES dans l'atmosphère, les politiques climatiques diminuent non seulement les rentes des propriétaires d'actifs de charbon, de pétrole et de gaz, mais créent aussi une « rente climatique ». Ces recettes issues de la tarification du carbone compensent largement la perte des rentes liées aux ressources naturelles ; elles sont évoquées plus en détail dans la troisième partie (Bauer *et al.*, 2013).

dans le RE5), 70 % des réserves et des ressources de charbon doivent rester enfouies, tout comme 35 % du pétrole et 32 % du gaz. Comme le montre la figure 3.1, cette nécessité peut être atténuée dans une certaine mesure grâce au déploiement de la BECSC, qui a le potentiel d'éliminer une partie des émissions produites par la combustion supplémentaire de combustibles fossiles. En revanche, s'il est impossible de capter et de stocker le carbone, cette possibilité n'existera pas et la réduction des émissions de GES devra s'appliquer immédiatement. Cela aurait d'importantes répercussions sur le taux d'extraction autorisé et les chiffres mentionnés ci-dessus augmenteraient et passeraient respectivement à 89 %, 63 % et 64 % (Bauer *et al.*, 2013; Jakob et Hilaire, 2015).

Figure 3.1. Défis des politiques climatiques – l’approvisionnement en combustibles fossiles ne constitue pas un obstacle; en revanche, l’espace de rejet des GES dans l’atmosphère est limité.



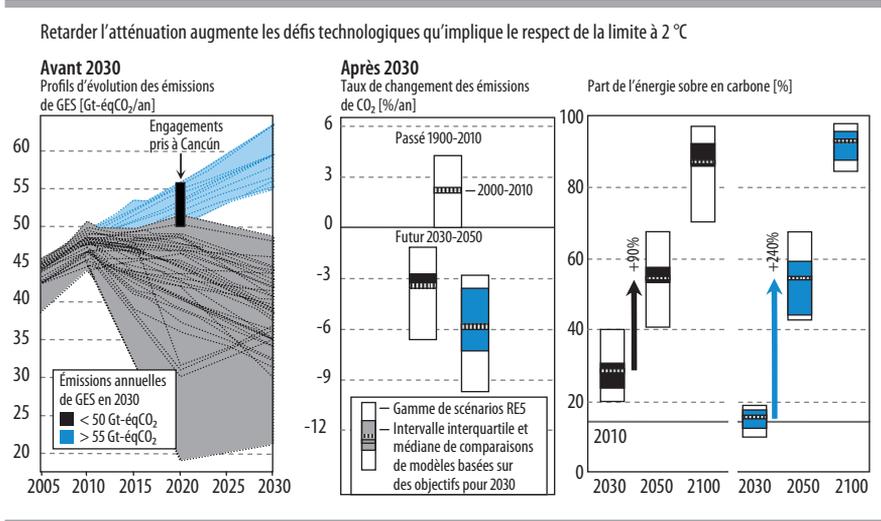
Remarque : les colonnes figurant en dessous de la ligne 0 représentent le carbone contenu dans les réserves et les ressources mondiales estimées de combustibles fossiles. Les colonnes dessinées au-dessus de cette ligne sont basées sur des données de scénarios utilisées dans le RE5 du GIEC et représentent le cumul des émissions effectives et escomptées.

Source : Edenhofer *et al.*, 2015a.

Un obstacle majeur au déploiement de la BECSC est la disponibilité en grande quantité des différentes matières premières bioénergétiques (voir la contribution de Tavoni dans cet ouvrage). En excluant tout retard ou limite en termes de disponibilité technologique, les niveaux de déploiement de l'ensemble de

la bioénergie (moderne) dans les scénarios limitant le réchauffement à 2 °C devraient se situer entre 10 et 245 EJ/an d'ici 2050 et entre 105 et 325 EJ/an en 2100. Cela augmenterait la part de bioénergie dans l'approvisionnement total en énergie primaire, passant à 35 % en 2050 pour atteindre pas moins de 50 % en 2100 (Creutzig *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2014). La question de savoir si de tels volumes de bioénergie peuvent être approvisionnés de manière durable suscite un vif débat, certains experts mettant l'accent sur le fort potentiel d'atténuation de la bioénergie, d'autres soulignant les risques liés au déploiement de si larges volumes de bioénergie (Creutzig *et al.*, 2012a, 2012b). Les principaux effets secondaires indésirables évoqués concernent la réduction possible des stocks de carbone dans les sols, ainsi que les répercussions néfastes sur les écosystèmes, la biodiversité, la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance. Le potentiel bioénergétique technique et durable est estimé à 100 EJ/an environ, chiffre sur lequel beaucoup de publications s'accordent, pouvant atteindre 300 EJ/an, les publications se rejoignant moins sur cette valeur (Creutzig *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2014).

Figure 3.2. Défis technologiques liés à la transformation du système énergétique dans les scénarios d'atténuation prévoyant une augmentation de la température limitée à 2 °C et présentant une probabilité d'environ 50 %.

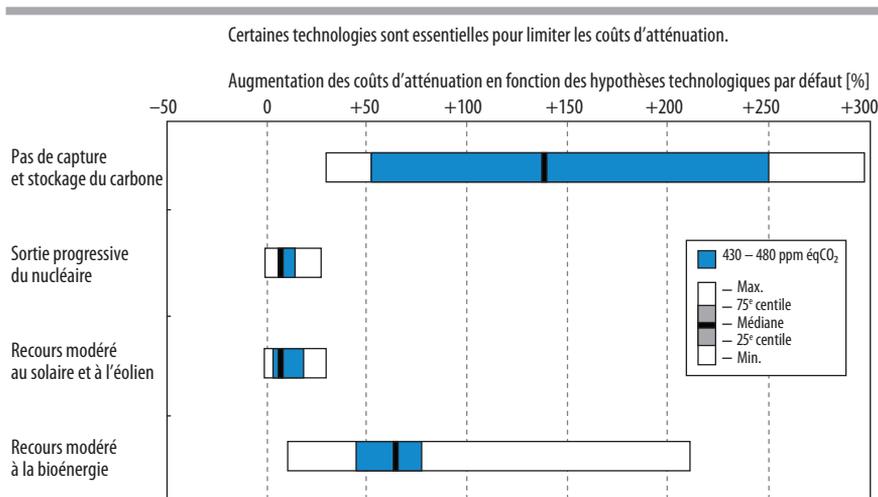


Remarque : les défis technologiques sont représentés en termes de taux moyen annuel de réduction des émissions de carbone (2030-2050, graphique central) et de passage à grande échelle aux énergies sobres en carbone (2030-2050/2100, graphique de droite). Le graphique de gauche montre les profils d'évolution des émissions de GES entre 2005 et 2030. Par rapport aux scénarios d'atténuation immédiats (vert foncé, émissions de GES < 50 Gt-éqCO₂ en 2030), les scénarios d'atténuation retardée (vert clair, émissions de GES > 55 Gt-éqCO₂) se caractérisent par une réduction des émissions et un passage à grande échelle aux technologies énergétiques sobres en carbone bien plus rapides entre 2030 et 2050. La barre noire symbolise la plage d'incertitude des émissions de GES découlant des engagements pris à Cancún.

Source : GIEC, 2014b.

Les défis technologiques et les effets secondaires indésirables induits par la limitation du réchauffement à 2 °C augmentent à mesure que la réduction stricte des émissions est retardée. Cet effet est dû à la nécessité de mettre en place les technologies requises plus rapidement. La figure 3.2 montre que, dans l'éventualité où les émissions de GES ne passeraient pas en dessous des niveaux actuels d'ici 2030, les défis technologiques imposés par la limitation du réchauffement à 2 °C augmenteraient considérablement, notamment entre 2030 et 2050 (Bertram *et al.*, 2015; Riahi *et al.*, 2015). Utiliser une part plus importante du budget d'émissions, déjà limité à l'heure actuelle, réduit l'éventail des possibilités technologiques, étant donné que le respect de la limite de température dépend des technologies à émissions négatives disponibles, qui elles-mêmes présentent des risques potentiels. Dans l'ensemble, la capacité à se prémunir contre les risques de l'atténuation engendrés par un grand nombre de technologies est de plus en plus limitée par les retards de mise en œuvre.

Figure 3.3. Impacts d'un portefeuille limité de technologies d'atténuation sur l'augmentation relative des coûts d'atténuation par rapport à la pleine disponibilité des technologies, dans des scénarios d'atténuation prévoyant une augmentation de la température limitée à 2 °C et présentant une probabilité d'environ 50 %.



Remarque: les coûts d'atténuation cumulés (2015-2100) sont présentés comme une valeur actuelle nette, actualisés au taux de 5 % chaque année. Sortie progressive du nucléaire = outre celles déjà en construction, aucune nouvelle centrale n'est prévue et les centrales en activité fonctionnent jusqu'à la fin de leur durée de vie; Recours modéré au solaire et à l'éolien = la part du solaire et de l'éolien ne dépasse pas 20 % dans la production mondiale annuelle d'électricité; Recours modéré à la bioénergie = l'approvisionnement mondial en bioénergie moderne atteint 100 EJ/an au maximum.

Source: d'après le document de Clarke *et al.*, 2014.

Les coûts d'atténuation augmentent avec la croissance de l'ambition d'atténuation, mais demeurent très incertains. Rester en dessous de la limite de 2 °C tout en conservant une probabilité de plus de 66 % implique de réduire les niveaux de consommation mondiaux de 5 % (3 %-11 %) par rapport au *statu quo* d'ici 2100. Maintenir la hausse de la température en dessous de 2,5 °C ou de 3 °C nécessite de réduire les niveaux de consommation respectivement de 4 % (1 %-7 %) et de 2 % (1 %-4 %). À titre de comparaison, la consommation de la situation de *statu quo* connaîtra elle-même une augmentation allant de 300 % à plus de 900 % au cours de cette période (GIEC, 2014a). Ces réductions ne sont certes pas négligeables, mais elles restent relativement modérées. Par ailleurs, elles supposent des institutions mondiales efficaces et la mise en place d'un prix du carbone mondial et uniforme.

Limiter la disponibilité des technologies d'atténuation clés, telles que les technologies CSC et la bioénergie, pourrait réduire certains effets secondaires indésirables qu'elles impliquent, mais augmenterait respectivement les coûts actualisés de l'atténuation d'environ 140 % (30-300 %) et 60 % (40-80 %) d'ici la fin du siècle (figure 3.3.). Retarder la réduction des émissions augmente encore davantage les coûts encourus pour atteindre des objectifs climatiques spécifiques. Dans le cas d'un retard qui protégerait les rentes des propriétaires de combustibles fossiles, les économies réalisées aujourd'hui seraient éclipsées par la future hausse des coûts. Par exemple, retarder des mesures d'atténuation adéquates jusqu'en 2030 pourrait augmenter le coût global de l'atténuation de 30 à 40 % (2-80 %) d'ici 2050 et de 15 à 40 % (5-80 %) d'ici 2100 (dans les scénarios présentant une probabilité d'environ 50 % de maintenir l'augmentation de la température en dessous de 2 °C).

3. Adopter des mesures d'atténuation à court terme

Il est aujourd'hui clair que l'abandon du modèle de développement traditionnel est nécessaire pour garder ouverte la fenêtre des possibilités nous permettant de rester en dessous de la limite de 2 °C. Adopter des politiques climatiques à court terme est essentiel pour atteindre tout objectif climatique raisonnable à long terme. En effet, les mesures à court terme réduisent le risque d'augmenter les coûts d'atténuation à venir, ainsi que le risque de dépendre des technologies à émissions négatives qui peuvent s'accompagner d'effets secondaires indésirables importants.

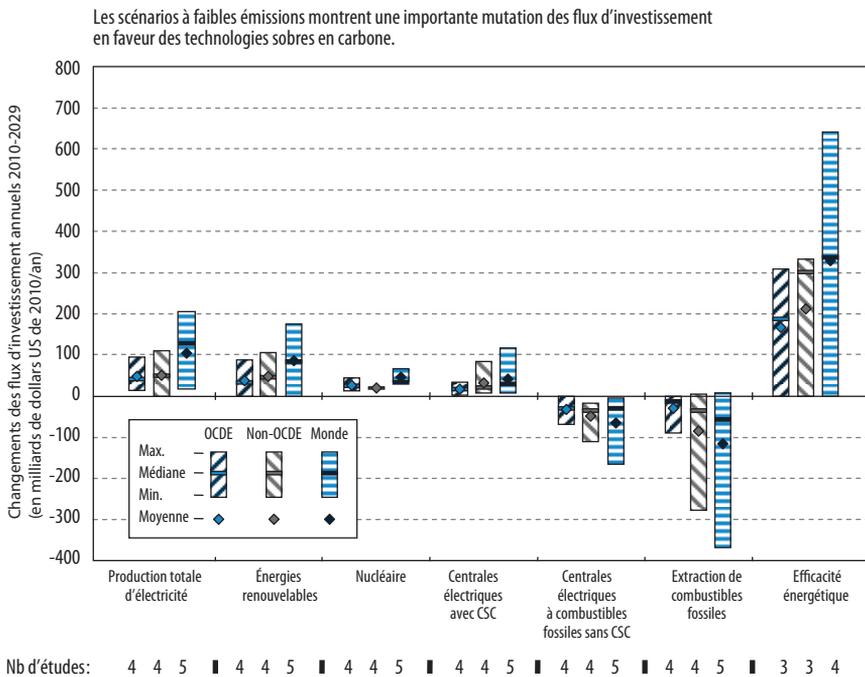
Comme l'évoquent Sterner et Köhlin³ ainsi que Stavins⁴ dans leurs contributions à cet ouvrage, l'utilité d'envoyer un signal de prix clair par le biais des taxes carbone et de l'échange des droits d'émission devient évidente si l'on tient compte des changements nécessaires dans les différents secteurs et de la

3. Voir le chapitre 18 de ce volume par T. Sterner et G. Köhlin : *Défis posés par la tarification du carbone*.

4. Voir le chapitre 20 de ce volume par R.N. Stavins : *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat*.

réaffectation des flux d'investissement requise. Dans le secteur de l'énergie, par exemple, il est urgent d'adopter de nouvelles stratégies d'investissement délaissant l'extraction de combustibles fossiles au profit de l'efficacité énergétique et de l'utilisation de technologies sobres en carbone pour la production d'énergie (figure 3.4). Malgré la nécessité de sa mise en œuvre, la tarification du carbone est perçue comme très contraignante. La possibilité de mettre en place un prix du carbone mondial optimal est actuellement limitée, car les incitations à l'opportunité semblent compromettre la volonté des parties de participer à un accord international ambitieux sur le climat (Carraro, 2014; Cramton *et al.*, 2015). Il est ainsi d'autant plus remarquable qu'un certain nombre de pays, dont la majorité des 20 plus gros émetteurs de la planète, ait mis en place des politiques de réduction des émissions de GES de leur propre initiative.

Figure 3.4. Changement des flux d'investissements annuels du secteur de l'énergie par rapport au *statu quo* (2010-2029) pour les scénarios d'atténuation prévoyant une augmentation de la température limitée à 2 °C et présentant une probabilité d'environ 50 %.



Remarque: les résultats sont basés sur un nombre limité d'études et de comparaisons de modèles (chiffres de la ligne inférieure), montrant ainsi que les besoins en investissements sont un secteur de recherche en évolution. Les besoins en investissements d'une région dépendent des systèmes de répartition des efforts, qui ont un impact important sur la charge relative des coûts (Tavoni *et al.*, 2013; Höhne *et al.*, 2014).

Source: Gupta *et al.*, 2014.

Il existe plusieurs mesures incitatives unilatérales et souvent à court terme pour la mise en place de politiques climatiques et la création de systèmes de tarification des émissions de GES: i) la génération efficace de recettes supplémentaires pour le budget du gouvernement; ii) l'utilisation de recettes induites par la tarification du carbone pour financer les infrastructures et les biens publics améliorant le bien-être des populations; iii) l'introduction d'une tarification du carbone sur le modèle pigouvien afin de couvrir les répercussions climatiques nationales; iv) la concrétisation d'avantages associés liés à la réduction des émissions de GES (Edenhofer *et al.*, 2015b). Il est intéressant de noter que toutes ces mesures incitatives unilatérales visant à la mise en place d'une tarification nationale du carbone sont particulièrement pertinentes pour les pays en développement.

- i) La tarification du carbone contribue à élargir l'assiette fiscale bien souvent mince dans les pays présentant un vaste secteur informel (Bento et Jacobsen, 2007; Bento *et al.*, 2013; Markandya *et al.*, 2013). L'utilisation de ces recettes supplémentaires permettrait de compenser les effets régressifs potentiels et/ou de réduire les taxes existantes ayant un effet de distorsion et affectant particulièrement les groupes à faible revenu. Ainsi, la tarification du carbone peut stimuler la croissance économique sans effet négatif sur la répartition (Casillas et Kammen, 2010; Goulder, 2013; Somanathan *et al.*, 2014). Toutefois, comme le montre un récent rapport du FMI, une tonne d'émissions de carbone génère en moyenne plus de 150 dollars US de subventions. La suppression de l'ensemble des subventions de ce type, accompagnée d'une tarification appropriée du carbone, serait plus favorable aux pays en développement en particulier (Coady *et al.*, 2015).
- ii) Les recettes provenant de la tarification du carbone pourraient réduire le manque important d'investissements dans les infrastructures publiques et garantir ainsi le respect des besoins fondamentaux, tels que l'accès pour tous à l'eau, aux services d'assainissement et à l'énergie propre (Edenhofer *et al.*, 2015b). Par exemple, les investissements nécessaires pour encourager l'efficacité énergétique et les technologies sobres en carbone (voir figure 3.4.), ainsi que l'accès pour tous à l'énergie, à l'eau et aux services d'assainissement dans les pays non membres de l'OCDE, seraient largement couverts par les recettes attendues des politiques climatiques (Hutton, 2012; Pachauri *et al.*, 2013; Jakob *et al.*, 2015a). La suppression des subventions bénéficiant aux combustibles fossiles présente un remarquable potentiel d'augmentation des recettes. Si ces subventions, s'élevant à environ 550 milliards de dollars US, étaient redirigées et réinjectées dans les infrastructures de base pendant les 15 prochaines années, des avancées considérables pourraient être réalisées dans la réduction de la pauvreté. Cela permettrait de garantir l'accès pour tous à l'eau salubre dans 70 pays, à des installations d'assainissement améliorées dans près de 60 pays et à l'électricité dans environ 50 pays (sur près de 80 pays n'offrant pas encore l'accès pour tous à ces besoins fondamentaux). De tels investissements amélioreraient également les perspectives de croissance à long terme des économies pauvres

- (Jakob *et al.*, 2015b). En outre, la suppression de ces subventions réduirait les émissions mondiales de carbone de plus de 20 % et les décès prématurés dus à la pollution atmosphérique de plus de moitié (Coady *et al.*, 2015).
- iii) Une part considérable du prix optimal du carbone (avec des valeurs maximales allant de 10 à 40 %) permettrait de couvrir les dommages liés au changement climatique attendus dans les régions en développement.
 - iv) Les avantages associés, par exemple ceux liés à l'atténuation des incidences de la forte pollution atmosphérique actuelle sur l'environnement et la santé, incitent encore davantage à adopter des mesures d'atténuation à court terme dans les pays en développement (Nemet *et al.*, 2010; West *et al.*, 2013).

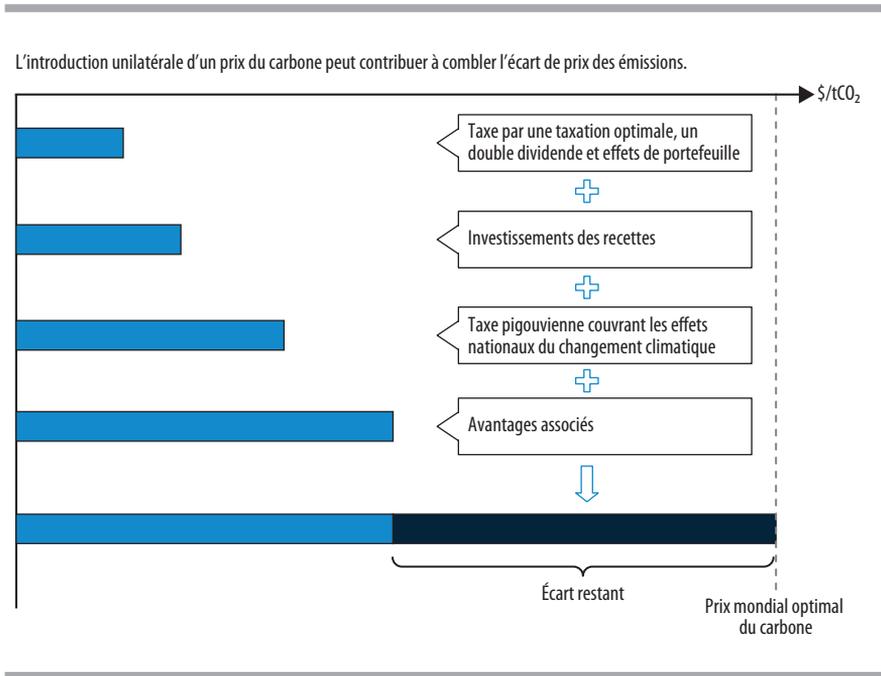
La plupart des mesures incitatives unilatérales susmentionnées visant à instaurer des politiques climatiques sont également particulièrement pertinentes pour les pays industrialisés. L'introduction d'un prix du carbone offre la souplesse nécessaire pour réduire les taxes existantes à effet de distorsion et améliorer ainsi l'efficacité globale de l'économie. Par ailleurs, la mise en place d'une taxe sur les facteurs de production fixes, tels que les combustibles fossiles, pourrait favoriser la redirection des investissements vers un capital exploitable (Edenhofer *et al.*, 2015b). Les recettes générées par la tarification du carbone pourraient constituer des fonds suffisants pour les investissements nécessaires dans le secteur de l'énergie (voir figure 3.4.) ou pour répondre aux besoins d'investissement dans le secteur des transports et pallier les défaillances existantes du marché en matière de recherche et de développement technologiques. Enfin, ces recettes pourraient être utilisées pour financer les besoins d'adaptation générés par les conséquences inévitables du changement climatique (Malik et Smith, 2012), qui pourraient nécessiter entre 25 et 100 milliards de dollars US par an d'ici 2015-2030 (Fankhauser, 2010).

Ces mesures unilatérales montrent que les ministres des Finances pourraient s'intéresser à la mise en place d'une tarification du carbone, bien qu'ils ne soient pas directement concernés par la réduction des émissions (Franks *et al.*, 2014). Les efforts d'atténuation purement motivés par les intérêts nationaux ne permettront pas d'atteindre un prix du carbone mondial optimal, mais ils contribueront à réduire « l'écart de prix des émissions », c'est-à-dire la différence entre ce prix et le prix actuel des émissions de GES (voir Edenhofer *et al.*, 2015b, figure 3.5.). La question cruciale est de savoir jusqu'à quel point les mesures unilatérales engagées par certains pays ou certaines régions ou industries peuvent encourager l'action collective et stimuler la coopération à l'échelle internationale (Ostrom, 2010; Urpelainen, 2013; Cramton *et al.*, 2015).

Il a été démontré ci-dessus que les perspectives de la tarification du carbone sont plus encourageantes lorsqu'elle génère des recettes permettant de combler le manque d'investissements dans les infrastructures publiques, que des avantages associés sont réalisés et que la suppression des taxes à effet de distorsion est prise en compte. Ces mesures n'assureront pas obligatoirement la coopération internationale et la création d'un prix mondial du carbone, mais si la tarification du carbone au niveau national n'était plus perçue comme un sui-

cide politique, l'écart du prix du carbone serait plus facile à combler par le biais d'accords internationaux. Certes, le défi de la coopération internationale dans ce domaine demeure et des propositions innovantes doivent être faites pour résoudre ce problème mondial urgent (par exemple, Cramton *et al.*, 2015; Barrett et Dannenberg, 2012; et les contributions de Stewart⁵, Stavins⁶, et Keohane et Victor⁷ à cet ouvrage). Cependant, le potentiel de la tarification du carbone au niveau national, en tant que point de départ à court terme d'une solution à long terme, a été largement sous-estimé. Ce serait un bon signe pour le climat si les ministres des Finances et les ministres de l'Environnement entretenaient des liens plus étroits et travaillaient main dans la main pour combler l'écart de prix des émissions et adopter ainsi des mesures d'atténuation à court terme.

Figure 3.5. Mesures incitatives visant à introduire un prix du carbone de manière unilatérale et leur rôle dans les négociations internationales.



Source: Edenhofer *et al.*, 2015b.

5. Voir le chapitre 15 de ce volume par R.B. Stewart, M. Oppenheimer et B. Rudyk: *Une stratégie modulaire pour faire face au changement climatique*.
 6. Voir le chapitre 20 de ce volume par R.N. Stavins: *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat*.
 7. Voir le chapitre 14 de ce volume par R.O. Keohane, et D.G. Victor: *Après l'échec des mécanismes top down: le rôle d'une gouvernance expérimentale du climat*.

Références

- BARRETT S. et DANNENBERG A., 2012, « Climate negotiations under scientific uncertainty », *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (43), p. 17372-17376.
- BAUER N., MOURATIADOU I., LUDERER G., BAUMSTARK L., BRECHA R., EDENHOFER O. et KRIEGLER E., 2013, « Global fossil energy markets and climate change mitigation – an analysis with REMIND », *Climatic Change* 10.1007/s10584-013-0901-6, p. 1-14.
- BENTO A.M. et JACOBSEN M., 2007, « Ricardian rents, environmental policy and the “double-dividend” hypothesis », *Journal of Environmental Economics and Management* 53 (1), p. 17-31.
- BENTO A. M., JACOBSEN M. R. et LIU A. A., 2013, « Environmental Policy in the Presence of an Informal Sector » (disponible en anglais à l'adresse : http://works.bepress.com/antonio_bento/25).
- BERTRAM C., JOHNSON N., LUDERER G., RIAHI K., ISAAC M. et EOM J., 2015, « Carbon lock-in through capital stock inertia associated with weak near-term climate policies », *Technological Forecasting and Social Change* 90, partie A, p. 62-72.
- CARRARO C., 2014, « International Environmental Cooperation » in *Handbook of Sustainable Development*, Cheltenham, Royaume-Uni, Edward Elgar Publishing.
- CASILLAS C.E. et KAMMEN D.M., 2010, « The Energy-Poverty-Climate Nexus », *Science* 330 (6008), p. 1181-1182.
- CLARKE L., JIANG K. *et al.*, 2014, « Assessing transformation pathways » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- COADY D., PARRY I., SEARS L. et SHANG B., 2015, « How Large Are Global Energy Subsidies? », document de travail du FMI n° 15/105, Washington DC (disponible en anglais à l'adresse : <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2015/wp15105.pdf>).
- CRAMTON P., OCKENFELS A. et STOFT S., 2015, « An international carbon price commitment promotes cooperation » in *EEEEP Symposium: International Climate Negotiations*, Cleveland, Ohio, États-Unis, International Association for Energy Economics.
- CREUTZIG F., POPP A., PLEVIN R., LUDERER G., MINX J. et EDENHOFER O., 2012a, « Reconciling top-down and bottom-up modelling on future bioenergy deployment », *Nature Climate Change* 2 (5), p. 320-327.
- CREUTZIG F., VON STECHOW C., KLEIN D., HUNSBERGER C., BAUER N., POPP A. et EDENHOFER O., 2012b, « Can Bioenergy Assessments Deliver? », *Economics of Energy & Environmental Policy* 1 (2), p. 65-82.
- CREUTZIG F., RAVINDRANATH N. H., BERNDES G., BOLWIG S., BRIGHT R. *et al.*, 2014, « Bioenergy and climate change mitigation: an assessment », *GCB Bioenergy* 7 (5), p. 916-944.
- EDENHOFER O. et KOWARSCH M., 2015, « Cartography of pathways: A new

-
- model for environmental policy assessments», *Environmental Science & Policy* 51, p. 56-64.
- EDENHOFER O., FLACHSLAND C., JAKOB M. et HILAIRE J., 2015a, « Den Klimawandel stoppen. Es gibt nicht zu wenig, sondern zu viel fossile Ressourcen – sie müssen in der Erde bleiben », Berlin, taz Entwicklungs GmbH & Co. Medien KG.
 - EDENHOFER O., JAKOB M., CREUTZIG F., FLACHSLAND C., FUSS S., KOWARSCH M., LESSMANN K., MATTAUCH L., SIEGMEIER J. et STECKEL J. C., 2015b, « Closing the emission price gap », *Global Environmental Change* 31 (0), p. 132-143.
 - FANKHAUSER S., 2010, « The costs of adaptation », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1 (1), p. 23-30.
 - FRANKS M., EDENHOFER O. et LESSMAN K., « Why Finance Ministers Favor Carbon Taxes, Even if They Do Not Take Climate Change into Account », document de discussion n° 2015-67, projet de l'Université Harvard sur les accords climatiques, Belfer Center for Science and International Affairs.
 - GOULDER L.H., 2013, « Climate change policy's interactions with the tax system », *Energy Economics* 40, Supplement 1 (0), S3-S11.
 - GUPTA S., HARNISCH J. *et al.*, 2014, « Cross-cutting Investment and Finance Issues » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - HÖHNE N., DEN ELZEN M. G. J. et ESCALANTE D., 2014, « Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies », *Climate Policy* 14, p. 122-147.
 - HUTTON G., 2012, « Global Costs and Benefits of Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Reach the MDG Target and Universal Coverage », Organisation mondiale de la Santé, Genève (disponible en anglais à l'adresse : http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/globalcosts.pdf).
 - GIEC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014a, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014b, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014c, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014d, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Synthesis Report* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014e, *Climate Change 2014: Synthesis Report* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - JAKOB M. et HILAIRE J., 2015, « Using importers' windfall savings from oil

- subsidy reform to enhance international cooperation on climate policies», *Climatic Change* 131 (4), p. 465-472.
- JAKOB M., CHEN C., FUSS S., MARXEN A., RAO N. et EDENHOFER O., 2015a, «Using carbon pricing revenues to finance infrastructure access», document présenté lors de la 21^e conférence annuelle de l'Association européenne des économistes de l'environnement et des ressources (AERE), Helsinki, 24-27 juin.
 - JAKOB M., CHEN C., FUSS S., MARXEN A. et EDENHOFER O., 2015b, «Development incentives for fossil fuel subsidy reform», *Nature Climate Change* 5, p. 709-712.
 - KOLSTAD C., URAMA K. *et al.*, 2014, «Social, Economic and Ethical Concepts and Methods» in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - KUNREUTHER H., HEAL G., ALLEN M., EDENHOFER O., FIELD C.B. et YOHE G., 2013, «Risk management and climate change», *Nature Climate Change* 3 (5), p. 447-450.
 - MALIK A.S. et SMITH S.C., 2012, «Adaptation to climate change in low-income countries: lessons from current research and needs from future research», *Climate Change Economics* 03 (02), 1250005.
 - MARKANDYA A., GONZÁLEZ-EGUINO M. et ESCAPA M., 2013, «From shadow to green: Linking environmental fiscal reforms and the informal economy», *Energy Economics* 40, Supplement 1 (0), S108-S118.
 - NEMET G.F., HOLLOWAY T. et MEIER P., 2010, «Implications of incorporating air-quality co-benefits into climate change policymaking», *Environmental Research Letters* 5 (1), 014007.
 - OSTROM E., 2010, «Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change», *Global Environmental Change* 20 (4), p. 550-557.
 - PACHAURI S., VAN RUIJVEN B.J., NAGAI Y., RIAHI K., VAN VUUREN D.P., BREW-HAMMOND A. et NAKICENOVIC N., 2013, «Pathways to achieve universal household access to modern energy by 2030», *Environmental Research Letters* 8 (2), 024015.
 - RIAHI K., KRIEGLER N., JOHNSON C., BERTRAM C., DEN ELZEN M. *et al.*, 2015, «Locked into Copenhagen pledges – Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals», *Technological Forecasting and Social Change* 90, Part A, p. 8-23.
 - SMITH P., BUSTAMANTE M. *et al.*, 2014, «Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)» in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - SOMANATHAN E., STERNER T., SUGIYAMA T. *et al.*, 2014, «National and Sub-national Policies and Institutions» in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - STECKEL J. C., EDENHOFER O. et JAKOB M., 2015, «Drivers for the renaissance of coal», *PNAS* 112 (29), E3775-E3781.
 - TAVONI M. *et al.*, 2013, «The distribution of the major economies' effort in

-
- the Durban platform scenarios », *Climate Change Economics* 4 (4), 1340009
- URPELAINEN J., 2013, « A model of dynamic climate governance: dream big, win small », *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 13 (2), p. 107-125.
 - VON STECHOW C. *et al.*, 2015, « Integrating Global Climate Change Mitigation Goals with Other Sustainability Objectives: A Synthesis », *Annual Review of Environment and Resources* 40.
 - WEST J.J., SMITH S.J., SILVA R.A., NAIK V., ZHANG Y., ADELMAN Z., FRY M.M., ANENBERG S., HOROWITZ L.W. et LAMARQUE J.-F., 2013, « Co-benefits of mitigating global greenhouse gas emissions for future air quality and human health », *Nature Climate Change* 3 (10), p. 885-889.

Chapitre 4

Les négociations sur le climat pour la COP21¹

Brian P. Flannery

À quelques mois de la 21^e réunion de la Conférence des Parties à la CCNUCC qui se tiendra à Paris (COP21), les négociateurs se trouvaient dans une situation familière : à couteaux tirés, face à un texte non structuré, désorganisé, beaucoup trop long et chargé de propositions contradictoires transgressant les limites fixées par plusieurs pays. La plupart des délégations semblaient néanmoins convaincues de la volonté politique de parvenir à un accord.

Le consensus et l'adhésion de la population ne sont pas encore gagnés. Bien des questions restent controversées, telles que les ambitions en matière d'atténuation et de financement, la forme juridique, l'application du principe de responsabilités communes mais différenciées, l'avenir des marchés et des compensations ou le traitement des droits de propriété intellectuelle. Le risque est que des factions réticentes recourent à des outils procéduraux pour retarder le processus. Les dernières réunions de la Conférence se sont achevées sur des différends, les nations mécontentes s'opposant vigoureusement aux déclarations de consensus. Certaines se sont liguées, rendant les objections plus visibles et plus difficiles à ignorer à Paris. La principale difficulté consiste à redorer le blason de la CCNUCC afin qu'elle retrouve son image de véhicule crédible et efficace, capable de gérer la riposte mondiale au changement climatique.

L'accord qu'il est possible de conclure à Paris semble modeste, car il s'écarte du cadre narratif établi, selon lequel on évitera la catastrophe en matière de climat en demeurant « en bonne voie » pour limiter le réchauffement à 2 °C (voire 1,5 °C) (Jacoby et Chen, 2014). Les responsables politiques n'ont cherché à modérer leurs ambitions que depuis peu, et il est peut-être trop tard. Les forces exerçant les puissantes pressions extérieures qui ont conduit à l'échec retentissant de la conférence de Copenhague, il y a six ans à peine, sont de nouveau à l'œuvre, exigeant un accord beaucoup plus ambitieux. En conséquence, cet accord risque de mécontenter de nombreux pays, les groupes de plaidoyer, les médias et les citoyens.

Dans le présent chapitre, la section 1 dresse le tableau des avancées, depuis

1. Les opinions exprimées dans le présent chapitre, formulées avant l'ouverture de la Conférence de Paris COP21, se fondent sur des observations personnelles et sur des conversations avec des collègues travaillant au sein des délégations nationales, du monde des affaires, du monde universitaire, des organisations intergouvernementales et des groupes de réflexion, ainsi qu'avec d'autres observateurs.

les réunions décisives de Kyoto (1997), qui sont un symbole de réussite, et celles de Copenhague (2009) marquées par l'échec; la section 2 décrit les principaux dossiers de la négociation et la section 3 évoque l'après-Paris².

1. Le décor

La dynamique et les discussions relatives à l'accord pour l'après-2020 n'ont pas grand-chose à voir avec celles ayant précédé Kyoto ou Copenhague. Il s'agissait alors de définir des objectifs d'atténuation nationaux, ce qui ne sera pas le cas à Paris. Les mesures d'atténuation seront déterminées au préalable, dans le cadre de délibérations nationales, et soumises avant que n'ait lieu la conférence de Paris, sous la forme de contributions prévues déterminées au niveau national (INDC) contenant des propositions d'atténuation volontaires et personnalisées, entre autres mesures.

À Kyoto, il s'agissait de conclure un accord sur des objectifs d'atténuation politiquement réalisables et juridiquement contraignants à l'intention des pays développés, et d'instaurer des mécanismes de marché fondés sur l'échange de droits d'émission et sur les crédits liés à des projets de compensation. Comme la CCNUCC, le protocole de Kyoto a pleinement adhéré au principe des responsabilités communes mais différenciées. Les pays développés (figurant à l'Annexe I) ont consenti à des obligations d'atténuation et ceux de l'Annexe II, à fournir de l'aide. Les pays en développement (ne figurant pas à l'Annexe I) ont reçu l'assurance d'un soutien financier et sont exemptés d'obligations d'atténuation.

Le mandat de Bali (2007) a élargi le cadre de deux des négociations devant se conclure à Copenhague. Il a fixé à 2009 l'échéance du Groupe de travail spécial des nouveaux engagements des parties visées à l'Annexe I en ce qui concerne la préparation d'une deuxième période d'engagement au titre du protocole de Kyoto. C'est également à Bali qu'ont démarré les négociations menées sous l'égide du Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme en vue d'un nouvel accord global mobilisant l'ensemble des Parties. Percée (potentielle) majeure, Bali signale la possibilité de faire évoluer le principe des responsabilités communes mais différenciées: le Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme parle de nations *développées et en développement*, et de *l'ensemble des Parties*, au lieu de se référer aux pays figurant ou non à l'Annexe I. Cela impose toutefois des modifications litigieuses du texte de la CCNUCC publié en 1992.

1.1. Copenhague et l'abandon de l'approche *top-down*

En amont de la conférence de Copenhague, plusieurs acteurs ont encouragé les pressions populaires et attiré l'attention médiatique pour impulser un élan politique: les pays européens, l'Alliance des petits États insulaires, les pays les moins

2. Pour une étude plus détaillée des négociations, voir Flannery (2015).

avancés, le Secrétariat de la CCNUCC, des groupes de plaidoyer, des fondations et d'autres partisans de mesures strictes. Toutefois, avant même que n'ait lieu la COP15, lors du sommet de la Coopération économique Asie-Pacifique qui s'est tenu à Singapour, les dirigeants de nombreux pays (dont les États-Unis et la Chine) ont annoncé que seul un accord politique fondé sur des engagements nationaux volontaires emporterait leur adhésion, et non pas le document final, juridiquement contraignant, défini à Bali³. En vertu de l'accord de Copenhague qui en a résulté, les pays développés ont également accepté de mobiliser, d'ici 2020, 100 milliards de dollars US par an pour les pays en développement.

S'émancipant des procédures de la CCNUCC, les chefs d'État de quelques pays ont créé l'accord de Copenhague. De nombreux pays exclus de ces délibérations ont exprimé leurs vives objections à l'égard de ce qu'ils considèrent comme une trahison de la part des acteurs du processus de la CCNUCC. La méfiance persiste, non seulement par rapport aux attentes non satisfaites en matière d'atténuation et d'aide financière, mais également en raison de problèmes de transparence, d'inclusion et d'engagement dans ce processus multilatéral.

Copenhague a porté un coup fatal à l'approche *top-down*, selon laquelle les pays négociaient d'un commun accord les conditions de leurs actions réciproques. À l'avenir, les engagements nationaux seront fondés sur des soumissions volontaires adaptées à la conjoncture et aux priorités nationales, une situation que j'ai décrite comme un monde-mosaïque (Flannery, 2014). Dans ce monde, l'approche *bottom-up* encourage la participation de tous les pays, qui est essentielle à toute action à long terme. Cependant, de même que l'approche *top-down* ne peut contraindre les pays réticents, il est peu probable que le cumul des contributions volontaires aboutisse à des résultats à la hauteur d'objectifs à long terme ambitieux.

1.2. Développements influant sur les négociations de l'accord pour l'après-2020

Après Copenhague, les Parties ont cherché pendant plusieurs années à rétablir la confiance dans le processus multilatéral. Le cadre des négociations s'est par ailleurs compliqué lorsque la COP17 a instauré le Groupe de travail spécial de la Plateforme de Durban pour une action renforcée, chargé de diriger les efforts sur deux axes de travail : 1) négocier d'ici 2015 un accord mondial global qui entrerait en vigueur en 2020 et 2) redoubler d'efforts en matière d'atténuation (et de financement) jusqu'en 2020. Enfin, en 2012, la COP18 a adopté à Doha une deuxième période d'engagement au titre de l'accord de Kyoto (2013-2020) qui a mis un terme aux fonctions du Groupe de travail spécial des nouveaux engagements des parties visées à l'Annexe I et du Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme. Le Groupe de travail spécial de la Plateforme de Durban pour une action renforcée (ci-après le « Groupe de tra-

3. Voir « APEC leaders drop climate target », BBC News, 15 novembre 2009 (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/8360982.stm>) et « APEC Concedes Copenhagen Climate Treaty Out of Reach », Bloomberg News, 16 novembre 2009 (<http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=aHZ4UFjPVrr4>).

vail spécial») s'est donc retrouvé le seul cadre de négociations.

De nombreux aspects déterminants du mandat de Bali restaient en suspens. Ils ont été rattachés aux organes subsidiaires permanents ou au Groupe de travail spécial. Les mécanismes d'atténuation ont été transférés à l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique. La réforme et le prolongement du Mécanisme de développement propre ont été confiés à l'Organe subsidiaire de mise en œuvre.

Plusieurs nouveaux groupes nationaux jouent désormais un rôle important dans les négociations. Avant l'accord de Copenhague, les positions se résumaient essentiellement à celles de l'UE, du Groupe Parapluie (composé de la plupart des pays développés non membres de l'UE) et du Groupe des 77 avec la Chine (représentant les pays en développement). Pendant et après Copenhague, d'autres groupes sont apparus. De profonds différends divisent notamment le Groupe des 77 et la Chine. Les pays du groupe BASIC (Brésil, Afrique du Sud, Inde et Chine) ont conscience que les desiderata de l'Alliance des petits États insulaires et des pays les moins avancés (visant à limiter le réchauffement climatique à 2 °C, voire 1,5 °C) les obligeraient à déployer sans tarder des efforts soutenus, susceptibles de menacer l'essor rapide de leurs économies. Des dissensions majeures existent en outre concernant le traitement des droits de propriété intellectuelle, le déploiement des technologies de captage et stockage du carbone, les marchés et les efforts consentis en vue de protéger et d'agrandir les forêts. Le Groupe des pays en développement animés du même esprit (qui réunit l'Arabie saoudite, la Bolivie, la Chine, Cuba, l'Égypte, l'Inde, l'Iran, l'Iraq, la Malaisie, le Nicaragua, les Philippines, la Thaïlande et le Venezuela, entre autres, mais ni l'Afrique du Sud ni le Brésil) est fermement opposé à l'évolution du principe de responsabilités communes mais différenciées. De façon plus générale, il s'oppose à l'introduction de nouveaux termes ou concepts modifiant ou réinterprétant la Convention.

Les changements extérieurs à la CCNUCC ont eu des répercussions encore plus importantes, notamment : forte augmentation des émissions dans les pays en développement de premier plan ; récession et crise financière durable ; conséquences de la catastrophe de Fukushima sur la politique nucléaire japonaise (suivie peu après par la réaction de l'Allemagne) ; révolution technologique nord-américaine en matière de production gazière et pétrolière. Tous ces éléments ont modifié le paysage politique, économique et technologique, entraînant la redéfinition des priorités dans de nombreux pays.

2. Dossiers négociés en vue de l'accord pour l'après-2020

Le Groupe de travail spécial est chargé de traiter plusieurs dossiers brûlants. L'accord doit porter sur six thèmes : l'atténuation ; l'adaptation ; la transparence ; le financement ; le transfert de technologies et le renforcement des capacités, les trois derniers points étant réunis sous l'appellation « moyens de mise en œuvre ». Les pays en développement s'efforcent d'en ajouter un sep-

tième : la contrepartie au titre des pertes et des dommages. Les Parties doivent également aborder des questions telles que les objectifs à long terme, la forme juridique, le respect des obligations, la mise en place d'un cadre d'actualisation des engagements et la prise en compte de principes transversaux (en particulier les responsabilités communes mais différenciées).

2.1. Atténuation : INDC, mécanismes, compensations et tarification du carbone

Le signe le plus manifeste du passage de la CCNUCC à un processus *bottom-up* réside dans la décision de communiquer préalablement les mesures envisagées par le biais des INDC. Celles-ci modifient la dynamique des négociations en retirant des négociations immédiates le débat sur l'atténuation. Toutefois, les discussions pourraient influencer sur les propositions finales, même après l'accord de Paris. Par ailleurs, ces contributions transfèrent la charge de définir le principe des responsabilités communes mais différenciées (concernant la politique d'atténuation) aux pays eux-mêmes, en leur demandant de déclarer pourquoi leurs INDC sont appropriées et ambitieuses au regard du contexte national.

Les pays développés soutenaient que ces contributions devaient uniquement porter sur l'atténuation, tandis que les pays en développement tenaient à ce qu'elles soient ventilées par élément, tout particulièrement concernant les moyens de mise en œuvre. Fin juillet, 20 pays et les 28 États membres de l'Union européenne ont soumis leurs INDC. Celles-ci varient par leur champ d'application, leur contenu et leur échéance, ce qui complique les comparaisons (Aldy et Pizer, 2015a⁴ et 2015b).

Plusieurs pays souhaitaient que le Groupe de travail spécial procède à une analyse *ex ante* des contributions, mais d'autres (notamment les pays en développement animés du même esprit) s'y sont opposés. Cela n'empêchera pas de nombreux gouvernements, chercheurs universitaires et groupes de réflexion de les analyser, dans le but notamment de comprendre chaque proposition nationale, d'apprécier leur comparabilité et d'évaluer les résultats cumulés à l'échelle mondiale⁵. Apparemment, les propositions prévues ne deviendront *définitives* que lorsque les pays les soumettront en même temps que leur instrument de ratification. Le cas échéant, l'analyse *ex ante* pourrait durer quelques années de plus d'ici 2020.

Les Parties (et le secteur privé) ont des opinions variables sur les marchés internationaux. Compte tenu du peu d'ambition de la deuxième période d'engagement en matière d'atténuation, les pays en développement s'accordent sur le fait qu'il ne sert à rien d'envisager de nouvelles approches pour le moment. Certains s'opposent à tout rôle futur des marchés, tandis que plusieurs pays développés estiment qu'ils n'ont pas besoin de l'autorisation de la CCNUCC pour créer et utiliser des marchés internationaux. Ni

4. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer : *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

5. Voir Aldy et Pizer (2015b) pour une étude de la comparabilité, des indicateurs et de l'analyse.

les États-Unis ni l'UE ne se sont d'ailleurs encore prononcés en leur faveur.

Les marchés internationaux du carbone, ou plus exactement des gaz à effet de serre, présentent deux aspects : l'échange de droits d'émission et la compensation (voir Stavins, 2015⁶ et Wang et Murisic, 2015⁷ pour les tenants et les aboutissants des marchés du carbone). Pour l'instant, rien ne permet d'affirmer qu'il existera des systèmes de compensation administrés par la CCNUCC après 2020. Les activités faisant l'objet d'accords bilatéraux pourraient être plus efficaces (car moins bureaucratiques et ouvertes à un plus large éventail de projets) que des méthodes s'inspirant du Mécanisme de développement propre. Le Japon a ainsi proposé un mécanisme conjoint de crédit⁸ qui serait mené dans le cadre d'accords bilatéraux et faciliterait la diffusion de technologies sobres en carbone. Treize pays en développement ont déjà signé des accords à cette fin.

Dans l'ensemble, le débat sur les marchés qui se trouve au cœur du Groupe de travail spécial se résume à trois possibilités : 1) pas de marchés ; 2) élargissement du rôle de la CCNUCC, l'autorisation des compensations constituant un prolongement du Mécanisme de développement propre ; ou 3) les pays peuvent créer et utiliser des marchés sans l'aval de la CCNUCC, même si un encouragement serait le bienvenu.

La tarification du carbone ne fait pas partie intégrante des discussions menées par le Groupe de travail spécial. Il est peu probable que les institutions politiques nationales cèdent à un processus international leur autorité dans ce domaine. Les vertus associées à une tarification mondiale du carbone ne se vérifient pas dans le monde réel, où les nations appliquent des politiques variables, ou s'abstiennent même de toute tarification. Le soutien économique des programmes nationaux (ou son absence) dépendra de leur conception (émissions visées, plafonnement et échange ou imposition, exemptions, utilisation des recettes, contreparties, ajustement aux frontières, etc.), mais aussi des interactions avec les autres pays, dont certains n'ont ni marché ni tarification du carbone.

Une tarification inégalitaire soulève des questions en matière de fuites du carbone, de compétitivité et d'ajustements aux frontières. Le Groupe des 77 et la Chine sont résolument opposés à ce dernier point. De nombreux pays développés les soutiennent afin de protéger les industries et les mains-d'œuvre très consommatrices d'énergie et tributaires du commerce. Des « clubs carbone » (Nordhaus, 2015) ont récemment vu le jour, moyen pour les pays ayant adopté la stratégie de tarification d'inciter les autres à en faire autant. Ils encouragent en outre la participation en pénalisant les opportunistes. Dans le secteur privé, certains se félicitent de ces démarches, mais d'autres redoutent l'apparition de complications au niveau du commerce international. Ils préfèrent utiliser les échanges comme carotte, à l'instar des négociations sur les biens environnementaux, plutôt que comme bâton.

6. Voir le chapitre 20 de ce volume par R. Stavins : *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat*.

7. Voir le chapitre 19 de ce volume par X. Wang et M. Murisic : *Taxation du carbone : situation actuelle et perspectives*.

8. Pour en savoir plus, consulter <https://www.jcm.go.jp>.

2.2. Adaptation, pertes et dommages

Les décisions antérieures de la CCNUCC mettent l'adaptation et l'atténuation sur un pied d'égalité. Elles incitent les pays à élaborer des plans d'adaptation et estiment que l'aide doit financer aussi bien l'atténuation que l'adaptation. Il n'existe cependant ni procédures ni processus précis pour la collecte et le décaissement des fonds.

Les contreparties au titre des pertes et des dommages sont devenues une pierre d'achoppement majeure, rencontrant le soutien énergique des pays en développement et la résistance des pays développés. La COP17 a décidé de considérer les pertes et les dommages comme un élément d'adaptation. Les pays en développement ont néanmoins soulevé la question des contreparties au sein du Groupe de travail spécial. En outre, les débats n'ont pas du tout abordé la question épineuse de l'« attribution » de certains phénomènes naturels ou dommages progressifs à un changement climatique d'origine humaine.

2.3. Transparence, mesure, notification et vérification, analyse *ex post* des mesures

La transparence exige des engagements clairs, des méthodes de mesure, de notification et de vérification (MNV) et une analyse des résultats concrets (voir Wiener, 2015⁹). Si les pays ont une longue expérience des inventaires de gaz à effet de serre, il reste encore beaucoup à faire pour définir les contributions des pays en développement, qui s'appliquent uniquement à certains secteurs de leur économie ou qui se basent sur une amélioration du *statu quo* (voir Aldy et Pizer, 2015¹⁰ et 2015b). De même, il peut se révéler difficile de concevoir un système de MNV pour un financement axé sur des concepts qui atteignent 100 milliards de dollars US par an d'ici 2020 sur les deniers publics et privés. Il existe par ailleurs des différences dans l'application future du principe de responsabilités communes mais différenciées aux processus de MNV et d'analyse. Ces derniers temps, les récessions, les crises financières, les catastrophes naturelles et les révolutions technologiques inattendues ont entraîné des émissions nationales plus ou moins importantes que prévu. Les analyses *ex post* devront tenir compte de ces événements inopinés, notamment sur de courtes périodes.

2.4. Moyens de mise en œuvre : financement, technologie et renforcement des capacités

Les négociations couvrent quatre domaines dans lesquels les pays en développement sollicitent de l'aide : ils ont besoin de financements en vue de soutenir leurs mesures d'atténuation et d'adaptation aux risques climatiques, et de contreparties, à la fois pour les répercussions engendrées par les mesures d'atténuation adoptées par les pays développés qu'ils subissent et pour les dommages liés au changement climatique. Il a été avancé que les demandes

9. Voir le chapitre 13 de ce volume par J. Wiener : *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification*.

10. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer : *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

dans ces quatre domaines se chiffrent déjà à plusieurs centaines de milliards de dollars par an, un montant qui devrait encore augmenter¹¹.

En règle générale, le financement de l'action climatique pose de sérieuses difficultés (voir Buchner et Wilkinson, 2015¹²). D'autant plus que, si le grand public a connaissance du débat entourant le financement des mesures nationales, il est rarement au fait de l'importance de l'aide en question. L'engagement visant à mobiliser 100 milliards de dollars US par an semble à la fois difficile à tenir et largement insuffisant.

Les droits de propriété intellectuelle soulèvent à présent une vive controverse. Selon les pays développés, la CCNUCC ne devrait pas aborder le sujet, puisqu'il existe déjà des organismes compétents pour en discuter (l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle [OMPI] et l'Organisation mondiale du commerce [OMC]). Les représentants du secteur privé (du moins ceux des pays développés) estiment que les droits de propriété intellectuelle sont indispensables pour stimuler la recherche et le développement et favoriser la diffusion des technologies. Pour les pays en développement, Inde en tête, les technologies respectueuses du climat devraient au contraire relever de l'intérêt public.

2.5. Forme juridique et respect des obligations

Le Groupe de travail spécial doit élaborer un protocole, un autre instrument juridique ou un texte convenu d'un commun accord ayant valeur juridique, applicable à toutes les Parties. Ces dernières ont des opinions très différentes quant à la forme juridique de ce texte. Beaucoup, sinon la plupart d'entre elles, demandent un accord juridiquement contraignant sous tous ses aspects, assorti de fermes dispositions de conformité. Pour d'autres, notamment les États-Unis, une forme juridique et des obligations pourraient constituer un obstacle rédhibitoire à leur participation. Les États-Unis considèrent que les nations sont tenues de soumettre des propositions et de rendre compte de leurs progrès, mais pas d'obtenir des résultats. Le choix se résume manifestement à tenir ses engagements ou rendre compte de ses engagements. Dans les deux cas, l'introduction de cycles durables (voir paragraphe 2.7) ajoute des éléments de révision et de renouvellement.

2.6. Buts et objectifs à long terme

La CCNUCC comporte l'objectif notoire de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre à des niveaux empêchant toute interférence humaine dangereuse avec le système climatique. Parmi les autres stratégies d'atténuation proposées figurent la limitation du réchauffement à 2 °C (voire 1,5 °C), l'iden-

11. Concernant la politique d'atténuation uniquement, Jacoby *et al.* (2010) révèlent que l'objectif fixé par le G8, qui vise à diviser par deux les émissions d'ici 2050, pourrait exiger un transfert de richesses vers les pays en développement de plus de 400 milliards de dollars US par an jusqu'en 2020, et de 3 000 milliards par an d'ici 2050.

12. Voir le chapitre 33 de ce volume par B. Buchner et J. Wilkinson: *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au «financement non conventionnel»*.

tification d'une année de pic pour les émissions mondiales, la réduction des émissions annuelles d'ici une année déterminée et la neutralisation des émissions nettes pour 2100. Il est difficile de définir le statut d'un but : a-t-il valeur d'idéal, ou faut-il prévoir des mesures en cas d'échec ?

2.7. Un cadre durable, fondé sur des cycles périodiques

Les négociateurs discutent actuellement de l'élaboration d'un cadre durable pour les engagements futurs, fondé sur des cycles périodiques qui dureront probablement cinq ou dix ans. Il est difficile de concilier la volonté d'asseoir sa crédibilité pour planifier et mettre en œuvre des investissements et d'autres mesures, ce qui privilégie un cycle long, et celle d'insuffler de la souplesse en vue d'augmenter les engagements plus rapidement, ce qui favoriserait au contraire les cycles courts. Les cycles présenteront des problèmes de liens institutionnels et de communication rapide des informations (Flannery, 2015). Ainsi, plusieurs pays appellent le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat à fournir des évaluations afin de permettre l'établissement de mises à jour régulières.

2.8. Deuxième axe de travail : redoubler d'efforts avant 2020

Le deuxième axe de travail revêt une grande importance, notamment pour les pays en développement. En gage de bonne foi, ils voulaient des preuves tangibles que les pays développés redoubleraient d'efforts avant 2020 sur le plan de l'atténuation et du financement. Il n'en a rien été. Au lieu de prendre de nouveaux engagements leur permettant de se montrer plus ambitieux avant 2020, les pays ont porté leur attention sur les réunions des experts techniques qui s'intéressent aux possibilités qu'offrent des domaines tels que les technologies de captage et stockage du carbone, les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique¹³.

3. La COP21, Paris et les prochaines étapes

Avant les négociations officielles, le Groupe de travail spécial devait achever le texte de l'accord et produire les mandats relatifs aux activités de suivi.

3.1. Les espoirs placés dans la COP21

En juin, le président de la Conférence, Manuel Pulgar-Vidal, et son successeur, Laurent Fabius, ont partagé les espoirs qu'ils plaçaient dans la COP21. Ils ont demandé aux négociateurs d'élaborer pour octobre un texte concis exposant clairement les options des décisions ministérielles qui seront étudiées à Paris. M. Fabius a suggéré que les chefs d'État assistent au début de la Conférence

13. Voir le chapitre 30 de ce volume par A. Bigio : *Vers des villes résilientes et bas carbone* ; le chapitre 23 de ce volume par V. Bosetti : *Rôle des énergies renouvelables dans la décarbonisation* ; le chapitre 24 de ce volume par M. Tavoni : *Le captage et stockage du carbone : rêve ou réalité ?*.

afin d'apporter leur soutien politique, avant que les ministres ne s'attellent à la prise de décisions la semaine suivante. Les deux hommes ont décrit un document final reposant sur quatre piliers : 1) l'adoption d'un accord durable, juridiquement contraignant et universel ; 2) l'intégration des INDC au cours de la première période ; 3) la fourniture d'un appui financier aux pays en développement, de la technologie et du renforcement des capacités, en mobilisant notamment 100 milliards de dollars US par an d'ici 2020 ; 4) la reconnaissance des activités menées par les acteurs non étatiques, notamment les villes, les collectivités locales et les entreprises.

3.2. Préparation du texte

Les Parties ont d'abord rassemblé les contributions envisagées, sans commencer à négocier le texte. Le « texte de négociation de Genève »¹⁴ (90 pages, 224 paragraphes et 11 sections), établi en février 2015, a satisfait l'obligation de communiquer aux Parties l'accord envisagé au moins six mois avant la Conférence. L'élaboration et le peaufinage du texte ont rassuré les Parties, qui souhaitent que la négociation soit placée sous leur direction et fondée sur le texte qu'elles ont soumis. Cette insistance découle de l'expérience de Copenhague et de la méfiance qu'elle a engendrée. Malheureusement les progrès sont beaucoup trop lents.

En juin, les Parties ont demandé aux coprésidents de simplifier le texte. Il a été diffusé le 24 juillet en qualité d'outil d'aide à la discussion¹⁵. À peine plus court que le texte de Genève (76 pages), il s'organise désormais en fonction des termes de l'accord (19 pages, 59 paragraphes), des décisions qui l'accompagnent (21 pages, 98 paragraphes) et des éléments qu'il reste à déterminer (36 pages, 102 paragraphes). L'ouverture de la négociation du texte se heurte à d'importantes difficultés, sur le fond comme sur la forme.

3.3. Étapes suivantes et objectifs à long terme

Les étapes ultérieures devaient permettre d'établir un processus périodique d'examen des avancées et d'intensification des efforts. Alors que la concentration actuelle des gaz à effet de serre bien mélangés dépasse déjà le niveau traditionnellement associé à l'objectif des 2°C, le débat universitaire et politique sur la crédibilité et la désirabilité de cet objectif dure depuis des années (Victor et Kennel, 2014)¹⁶. Cette situation soulève une question centrale concernant la suite des événements : comment encourager l'adoption d'une politique publique crédible sur plusieurs décennies ? Vaut-il mieux fixer des objectifs ambitieux ayant valeur d'idéal (qui seront remis en cause en raison de leur côté

14. Disponible à l'adresse : <http://unfccc.int/resource/docs/2015/adp2/fre/o1f.pdf>

15. Disponible à l'adresse : http://unfccc.int/portal_francofone/items/3072.php

16. Exprimée en concentration d'équivalent CO₂, l'estimation traditionnelle qui permettrait d'atteindre l'objectif des 2°C exige une stabilisation de 450 parties par million (ppm). Or en 2014, les concentrations des gaz à effet de serre bien mélangés s'élevaient à 485 ppm et continuaient d'augmenter (programme conjoint *Science and Policy of Global Change* du MIT 2014). Voir aussi Huang *et al.* (2009) pour connaître les méthodes et l'évolution de l'équivalence en CO₂.

irréaliste) ou mener des politiques strictes, mais réalisables ?

Les résultats de Paris ouvriront la voie aux étapes suivantes et marqueront un nouveau départ incitant à redoubler d'efforts avant et après 2020. Espérons que l'accord de Paris renforcera la respectabilité et l'efficacité de la CCNUCC concernant les interventions liées au changement climatique.

Références

- ALDY J.E. et PIZER W.A., 2015, « The Road to Paris and Beyond: Comparing Emissions Mitigation Efforts », *Resources Magazine* 189, p. 19-25.
- FLANNERY B.P., 2014, « Negotiating a Post-2020 Climate Agreement in a Mosaic World », *Resources Magazine* 185, p. 26-31.
- FLANNERY B.P., 2015, « The state of the climate negotiations », document de travail Ferdi n° 134, Clermont-Ferrand, France (disponible en anglais à l'adresse: <http://www.ferdi.fr/en/publication/p134-state-climate-negotiations>).
- HUANG J., WANG R., PRINN R. et CUNNOLD D., 2009, « A semi-empirical representation of the temporal variation of total greenhouse gas levels expressed as equivalent levels of carbon dioxide », rapport du programme conjoint du MIT n° 174, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
- JACOBY H.D., BABIKER M.H., PALTSEV S. et REILLY J.M., 2010, « Sharing the Burden of GHG Reductions » in Aldy J.E. et Stavins R.N. (éd.), *Post-Kyoto International Climate Policy: Implementing Architectures for Agreement*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- JACOBY H. D. et CHEN Y.-H.H., 2014, « Expectations for a New Climate Agreement », rapport du programme conjoint du MIT n° 264, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
- NORDHAUS W., 2015, « Climate clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy », *American Economic Review*, 105 (4), p. 1339-1370.
- Programme conjoint *Science and Policy of Global Change* du MIT, 2014, 2014 *Energy and Climate Outlook*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
- VICTOR D.G. et KENNEL C.F., 2014, « Climate policy: Ditch the 2 °C warming goal », *Nature*, 514, p. 30-31.

PARTIE II

LA SITUATION VUE
DE DIFFÉRENTES
RÉGIONS DU MONDE

Chapitre 5

La situation vue de l'Afrique¹

Alemu Mekonnen

De tous les continents, l'Afrique est celui dont la contribution au changement climatique est la plus faible. Pourtant, le « berceau de l'Humanité » a déjà été, et continuera à l'avenir à être, le plus violemment touché par ses répercussions. D'une manière générale, l'Afrique présente la plus faible capacité d'adaptation. Il s'agit ainsi du continent pour qui la lutte contre le changement climatique présente le plus grand intérêt et qui bénéficierait le plus de la réponse à cet enjeu par la coopération internationale.

Le présent chapitre, expose une vision de la problématique du changement climatique et du rôle que les États africains devraient jouer dans sa résolution du point de vue de l'Afrique. La section 1 compare l'Afrique aux autres continents en termes de contribution au changement climatique, de vulnérabilité à la hausse extrême des températures et des dommages qui devraient survenir au cours des prochaines décennies. La section 2 aborde le rôle que devrait jouer l'Afrique dans le processus d'atténuation et la mise en place des mesures d'adaptation. La section 3 présente le financement requis et ses critères d'allocation.

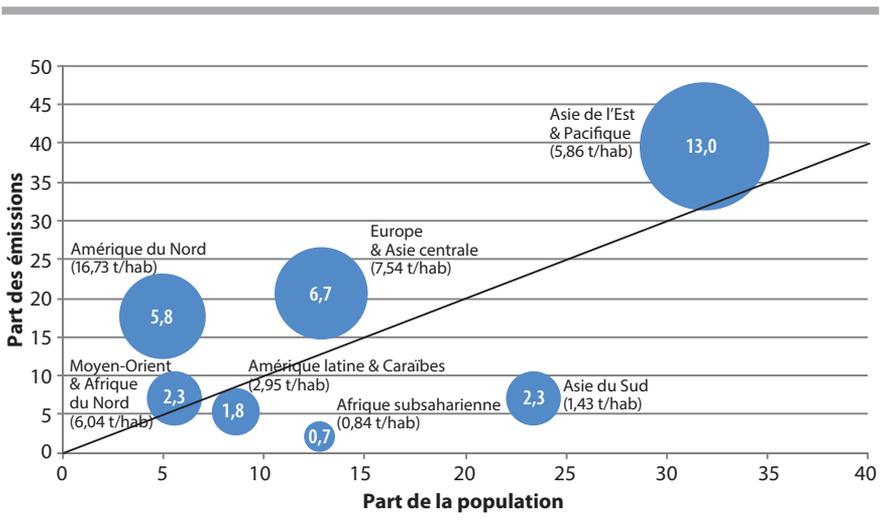
1. L'Afrique et le changement climatique

Les preuves montrent que, par rapport aux autres continents, l'Afrique est celui qui est le plus touché par le changement climatique (coût exprimé en pourcentage du PIB) et présente, d'une manière générale, la plus faible capacité d'adaptation (BAD, 2011; GIEC, 2014; Mekonnen, 2014). En dépit du nombre limité d'estimations sur les effets du changement climatique, en raison de plusieurs facteurs, dont le manque de données, un examen des prévisions a révélé qu'« au cours des dix ou quinze prochaines années, l'Afrique risquait de perdre 2 à 4 % de son PIB sous l'effet du changement climatique » (Mekonnen, 2014, citant Nordhaus et Boyer, 2000; Tol, 2002; Watkiss *et al.*, 2010). Par ailleurs, une analyse plus approfondie des répercussions du changement climatique sur la pauvreté et la répartition du revenu a montré que les populations africaines les plus pauvres seraient d'autant plus sévèrement touchées. Par exemple,

.....
1. Je remercie les trois codirecteurs de cet ouvrage pour leur précieux apports, ainsi qu'Adrien Corneille et Vincent Nossek pour leurs travaux de recherche.

Hallegatte *et al.*² ont fait remarquer, selon les mots de Winsemius (2015), que lorsque d'importantes inondations ont touché le bassin de la rivière Shire au Malawi en janvier 2015, les zones les plus pauvres étaient les plus exposées. Malgré les progrès réalisés ces 15 dernières années, avec un taux de pauvreté de 41 % (revenu de moins de 1,25 dollar US par personne et par jour en 2011, sur la base des prix de 2005), le taux de pauvreté en Afrique reste supérieur de plus de 20 points à ceux de l'Asie du Sud et de l'Asie de l'Est et Pacifique (Corneille *et al.*, 2015).

Figure 5.1. Émissions de CO₂ dues aux combustibles fossiles et à la fabrication de ciment, ventilées par régions (2011, les nombres figurant dans les cercles bleus sont exprimés en Gt et les cercles indiquent la position de la région par rapport à la ligne de 45°).



Source : calculs réalisés par l'auteur à partir des Indicateurs du développement dans le monde de 2015.

En revanche, comparée aux autres continents et en particulier aux pays développés, l'Afrique n'a que très faiblement contribué au changement climatique. À supposer qu'une convergence vers un niveau égal d'émissions de CO₂ par habitant soit un indicateur pertinent, la figure 5.1. montre que l'Afrique apporte la plus faible contribution absolue et présente, avec 0,84 t/habitant, le plus faible niveau d'émissions par habitant. L'Afrique est aussi la région qui, graphiquement, se situe la plus en dessous de la ligne de 45°, signe de sa faible contribution en termes relatifs. Le niveau d'émissions peu élevé du continent indique également que, même si le coût de réduction de ses émissions reste faible par rapport à d'autres régions, sa contribution aux mesures d'atténua-

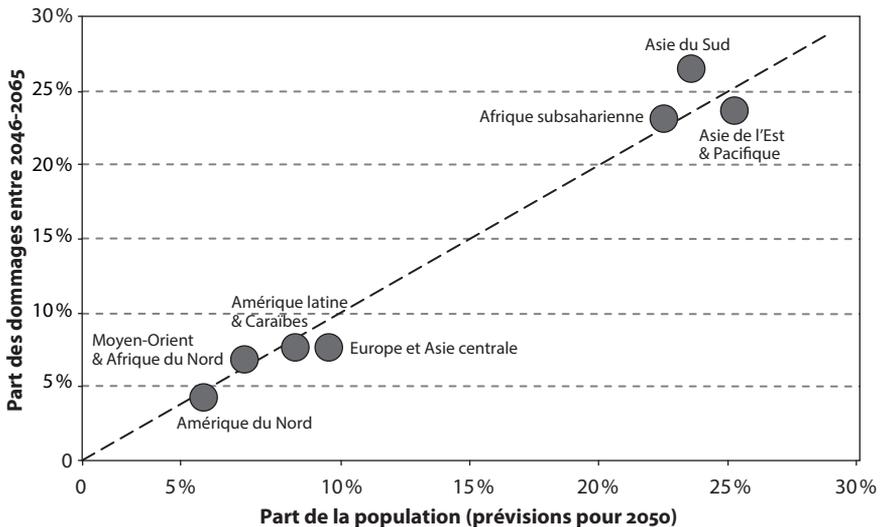
2. Voir le chapitre 26 de ce volume par S. Hallegatte *et al.* : *Changement climatique et pauvreté : catastrophes naturelles, incidences agricoles, problèmes sanitaires.*

tion sera nécessairement marginale, en particulier si, comme dans la figure 5.1., les émissions induites par l'exploitation des terres et l'élevage ne sont pas comptabilisées.

Du fait de sa géographie, l'Afrique pourrait être la région la plus sévèrement touchée par le changement climatique. Près de 43 % de la superficie du continent, 70 % de ses terres cultivées, 80 % de ses exploitations d'élevage et 50 % de sa population se situent déjà en zones arides (comprenant les régions arides, semi-arides et sèches/humides) (Cervigni et Morris, 2015). La baisse des rendements agricoles prévue sur les territoires africains en raison du changement climatique pourrait atteindre pas moins de 50 % d'ici 2020 (Boko *et al.*, 2007, p. 435). Comme précisé ci-après, la température est déjà élevée sur la plupart du continent africain, mais compte tenu d'une capacité d'adaptation limitée et de l'augmentation des températures, qui devrait être supérieure à la moyenne en raison du changement climatique, l'adaptation représente un défi colossal pour l'Afrique.

À l'aide des données de panel portant sur une période de plus de 50 ans, Dell *et al.* (2012) estiment que, selon la tendance, une augmentation de la température de 1 °C sur une année entraîne une baisse de 1,4 % du revenu par habitant. Toutefois ceci ne s'applique qu'aux pays pauvres. Lorsque le modèle est calculé à plusieurs instants « t », on constate que cet effet considérable ne s'inverse pas une fois le choc de température passé, ce qui entraîne un impact négatif sur la croissance et affecte avant tout les pays pauvres présentant une faible résilience.

Figure 5.2. Dommages potentiels et estimations de population en 2050, ventilés par régions



Source: calculs réalisés par l'auteur à partir des travaux de Sauter *et al.* (2015).

Les prévisions de changements de température peuvent être utilisées pour estimer les dommages potentiels sur chaque continent. En s'appuyant sur le travail de Sauter *et al.* (2015), la figure 5.2. donne une estimation très sommaire des dommages géographiques potentiels induits par une chaleur excessive survenant vers le milieu du siècle, à l'aide du scénario A2 de Randall *et al.* (2007). Cette estimation se base sur les températures extrêmes prévues, en considérant la Terre comme une grille dont les latitudes et les longitudes sont séparées par un intervalle de 1 degré. Les températures extrêmes sont définies par le nombre de jours où les températures dépassent le 90^e centile de la distribution des températures et la répartition des coûts liés aux dommages correspond simplement à la population estimée multipliée par la température extrême calculée ci-dessus. Bien que les estimations soient approximatives du fait que les données sur la population datent de 2008, il apparaît tout de même clairement que les dommages seront plus importants en Afrique, en Asie du Sud et en Asie de l'Est et Pacifique, et supérieurs à la part respective de la population en Asie du Sud et en Afrique subsaharienne.

Résumant la position délicate de l'Afrique, le dernier rapport de l'Africa Progress Panel (2015) déclare que l'Afrique « est la région qui a le moins contribué à la crise climatique, mais c'est celle qui paiera le plus lourd tribut si l'on ne prend pas de mesures pour y répondre ». Le rapport précise également que « l'Afrique subit déjà les effets du changement climatique, qui s'avèrent plus précoces, plus graves et plus dangereux que dans d'autres régions du monde ».

2. Le rôle de l'Afrique dans les mesures d'adaptation et d'atténuation

Les États africains commencent à aborder le changement climatique dans leurs politiques nationales (République fédérale démocratique d'Éthiopie, 2011 ; République du Rwanda, 2011). La suppression des subventions aux combustibles fossiles est un excellent exemple d'une politique aux retombées positives multiples. Bien que ce sujet soit sensible sur le plan politique, les recherches menées dans les pays en développement ont montré qu'une telle mesure pourrait ne pas nuire aux populations les plus pauvres (Sternier, 2011 ; Mekonnen *et al.*, 2013). Les mesures *ex ante*, telles que le renforcement des systèmes d'alerte rapide et des assurances agricoles indexées sur les conditions météorologiques, sont également des dispositions nationales dont il est important de tenir compte³.

La récente croissance rapide de l'Afrique offre l'opportunité de renoncer à un modèle de développement fondé sur les anciennes technologies à intensité carbone élevée, ce qui contribuera à l'adaptation au changement climatique et à l'atténuation de ses effets. Partir d'un système d'infrastructures peu déve-

3. Voir le chapitre 26 de ce volume par S. Hallegatte *et al.* : *Changement climatique et pauvreté : catastrophes naturelles, incidences agricoles, problèmes sanitaires.*

loppé s'avère aussi être un avantage par la suite. Ceci est particulièrement important en Afrique, où la population urbaine devrait être multipliée par trois d'ici 2050. Dans sa contribution au présent ouvrage, Bigio⁴ note que les villes émergentes et les zones urbaines de petite taille des pays en développement, très nombreuses en Afrique, qui possèdent un système d'infrastructures limité ont le plus de chance d'éviter de s'enfermer à long terme dans des infrastructures urbaines à intensité carbone élevée. Étant donné que la forte croissance devrait se poursuivre en Afrique, il existe une réelle opportunité d'investir dans des activités respectueuses du climat.

Un tel modèle de développement requiert d'adopter des technologies modernes et notamment de s'appuyer sur des technologies propres à base d'énergies renouvelables, telles que les énergies hydraulique, solaire et éolienne, qui ont un énorme potentiel en Afrique. Le coût des technologies permettant d'exploiter les sources d'énergie renouvelable (photovoltaïque, éolien) est en baisse. Si ce développement est soutenu par des mesures empêchant l'extraction d'un large volume de combustibles fossiles, comme le suggère Collier⁵ dans sa contribution au présent ouvrage, la transition vers des technologies propres à base d'énergies renouvelables sera plus rapide, même si, comme évoqué ci-après, cela pose un problème de répartition de la charge. D'autres secteurs, tels que la foresterie et l'agriculture, offrent de réelles opportunités à l'Afrique et lui permettent de combiner développement, atténuation et adaptation.

Une telle stratégie procure plusieurs avantages climatiques. Premièrement, la construction d'infrastructures sera plus sobre en carbone (par exemple des appareils de cuisson au meilleur rendement thermique; voir la contribution de Kaudia⁶ au présent ouvrage). Deuxièmement, le fonctionnement de ces infrastructures émettra également moins de dioxyde de carbone (CO₂). Troisièmement, les infrastructures seront mieux adaptées à la hausse des températures. Quatrièmement, elles s'accompagneront d'avantages associés en termes d'amélioration de la santé et des moyens de subsistance en général.

L'atténuation étant d'intérêt public au niveau mondial, il est globalement bénéfique que les mesures d'atténuation soient mises en place là où leur coût est le plus faible. Comme l'ont évoqué McKinsey (2009), GRICCE (2009) et la Banque mondiale (2010), les coûts de réduction qui incombent à l'Afrique pour un certain nombre de solutions d'atténuation sont négatifs ou très faibles. La foresterie est le principal secteur d'atténuation de l'Afrique, mais cette dernière a été exclue du protocole de Kyoto et, dans le même temps, du Mécanisme de développement propre (MDP) qui est l'instrument essentiel d'optimisation des activités d'atténuation.

Étant donné que le MDP n'était pas adapté à sa situation, l'Afrique a peu

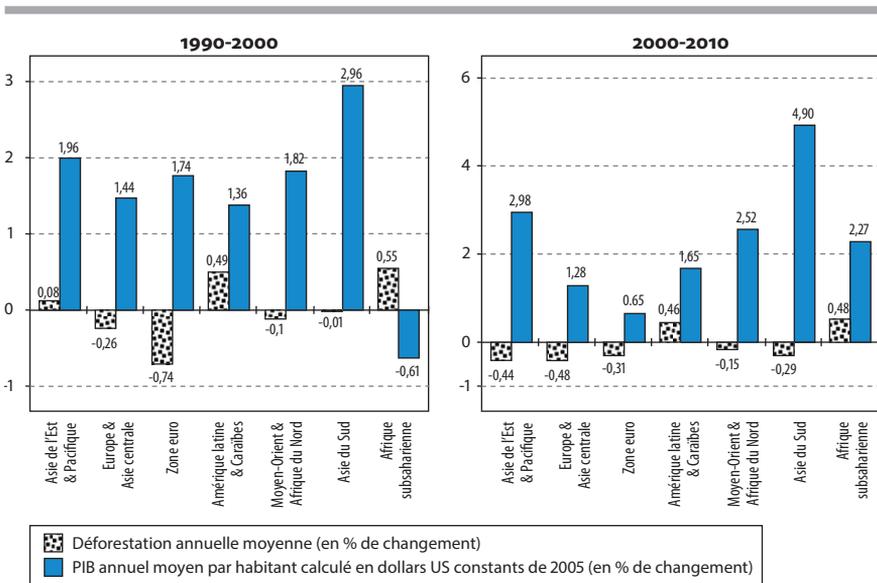
4. Voir le chapitre 30 de ce volume par A.G. Bigio: *Vers des villes résilientes et bas carbone*.

5. Voir le chapitre 29 de ce volume par P. Collier: *Réduire les émissions de carbone sans freiner le développement*.

6. Voir le chapitre 27 de ce volume par A.A. Kaudia: *Pour les pays à faible revenu: adapter les objectifs de lutte contre le changement climatique*.

participé aux activités d'atténuation engagées dans le cadre du protocole de Kyoto; non seulement parce que les activités limitant la déforestation n'étaient pas prises en compte, mais également parce que les modalités d'admissibilité étaient trop strictes pour les États africains. Ainsi, sur les 8 592 projets du MDP présentés et inscrits au cours de la période 2004-2015, la part du lion (6 343 projets, soit 74 %) revient à la Chine, à l'Inde, à la Malaisie et au Mexique, tandis que seulement 238 projets (2,8 %) ont été présentés par l'Afrique. Une analyse des facteurs de qualification des projets a montré que des droits de douane élevés sur l'importation de biens environnementaux et des procédures plus lourdes appliquées lors du lancement d'une entreprise étaient faussement associés à la probabilité d'un transfert technologique (Schmid, 2012). Les réformes proposées afin d'accroître la participation des États africains aux projets du MDP comprennent l'intégration de mesures d'atténuation dans les secteurs de la foresterie et de l'agriculture, et d'autres projets concernant l'utilisation des sols (Centre africain pour les politiques climatiques [CAPC], 2011; Haïtes, 2011; Gebreegziabher *et al.*, 2012).

Figure 5.3. PIB par habitant et déforestation (moyennes décennales)



Remarque: les valeurs négatives correspondent aux taux de reforestation.

Source: calculs réalisés par l'auteur à partir des taux de déforestation de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, de l'évaluation des ressources forestières mondiales et du PIB par habitant de la Banque mondiale (calculé en dollars US constants de 2005).

Concernant les gaz à effet de serre (GES), le potentiel d'atténuation de l'Afrique, au coût relativement plus faible, lui permettrait, d'ici 2030, de s'approcher des deux tiers (soit 2,8 Gt-éqCO₂) des émissions de GES prévues dans

un scénario de maintien du *statu quo* (4,2 Gt-éqCO₂) (McKinsey, 2009; point 3.2.1). En outre, GRICCE suggère qu'en Afrique, l'atténuation pourrait porter sur la foresterie (dont la REDD+, le reboisement/la reforestation et la gestion forestière), l'agriculture (y compris la restauration des terres dégradées et la technique de travail minimum du sol), l'énergie (dont les énergies hydraulique et solaire et les programmes d'efficacité énergétique) et les transports. La figure 5.3. montre qu'au cours des années 1990, l'Europe a réalisé un reboisement de ses terres et l'Asie du Sud a enregistré une croissance moyenne par habitant de 2,9 % tout en évitant la déforestation. À l'inverse, l'Afrique a connu une croissance négative et le plus fort taux de déforestation. Durant la décennie suivante, la croissance du continent africain a repris, mais la déforestation s'est poursuivie au même rythme.

Comme le fait remarquer Angelsen⁷ dans sa contribution au présent ouvrage, la bonne gestion forestière présente des avantages au niveau local, mais compte tenu des multiples valeurs qu'offre le changement d'affectation des terres aux communautés locales, les incitations financières devraient être à la hauteur des avantages mondiaux résultant d'une mise en œuvre réussie de la REDD+, comme le demande le « Défi de Lima » signé par 14 pays forestiers tropicaux, dont l'Éthiopie, le Libéria et la République démocratique du Congo. En août 2015, trois États africains (l'Éthiopie, le Gabon et le Kenya) avaient soumis leur contribution prévue déterminée au niveau national (INDC). En supposant que le pays connaisse une croissance à deux chiffres jusqu'en 2030, l'INDC de l'Éthiopie comprend une réduction des émissions de GES de 64 % en 2030 par rapport au maintien du statu quo. Si l'hypothèse d'une croissance de 10 % ou plus est réaliste sur une si longue période, elle serait un exemple de mesure planifiée de grande envergure de la part d'un des pays africains les moins avancés (PMA), sachant que l'investissement nécessaire est estimé à plus de 150 milliards de dollars US d'ici 2030.

3. Besoins de financement en réponse au changement climatique

Parmi les 48 PMA, 34 se situent en Afrique. Ces pays sont extrêmement vulnérables aux chocs économiques naturels et exogènes. Comme l'a argumenté avec force Patrick Guillaumont dans sa contribution au présent ouvrage⁸, les financements concessionnels devraient être basés sur une formule et la répartition des fonds devrait prendre en compte la vulnérabilité de chaque pays. Cela signifie que l'Afrique devrait recevoir une part importante des financements concessionnels alloués au titre des Objectifs de développement durable (ODD), récemment adoptés par les Nations Unies. L'approche basée sur une

7. Voir le chapitre 28 de ce volume par A. Angelsen : *Quel avenir pour la REDD+ ?*

8. Voir le chapitre 35 de ce volume par P. Guillaumont : *Mesurer la vulnérabilité au changement climatique pour allouer le financement de l'adaptation.*

formule d'allocation doit également être appliquée aux fonds pour le climat, en prenant en compte la vulnérabilité des pays au changement climatique. Cette méthode apporterait de la transparence et réglerait la question de l'équité dans l'allocation des fonds.

Bien qu'insuffisants, les récents efforts déployés pour améliorer l'importance relative du financement affecté aux mesures d'adaptation doivent être salués. Ces efforts comprennent notamment la décision du Fonds vert pour le climat, à savoir allouer 50 % des fonds à l'adaptation au changement climatique et 50 % à l'atténuation de ses effets. Cette décision devrait être maintenue. À l'inverse des efforts d'atténuation, les bénéfices des mesures d'adaptation reviennent à ceux qui les mettent en place et sont propres à un pays, voire à une région. Utiliser de tels critères pour la répartition des fonds alloués aux mesures d'adaptation servirait plusieurs objectifs, tels que réduire les coûts de transaction, soutenir un programme axé sur les résultats et comprenant des critères mesurables, et encourager la responsabilité mutuelle grâce à la transparence de l'allocation (Barr *et al.*, 2010; Banque mondiale, 2010; Mekonnen, 2014).

Comme nous l'ont appris les années d'expérience dans l'évaluation de l'aide, entravée par les sources de financement multiples et la concurrence entre les donateurs, faire face aux problèmes de la fragmentation des financements pour le climat exige l'engagement à la fois des donateurs et des bénéficiaires en vue d'intégrer les éléments clés de la propriété, de l'ajustement, de l'harmonisation, de l'approche axée sur les résultats et de la responsabilité mutuelle dans leurs activités de développement (Banque mondiale, 2010). Les récentes avancées en la matière, dont la création du Fonds vert pour le climat, doivent être renforcées (Bird *et al.*, 2011). Elles pourraient contribuer, par exemple, à traiter des problèmes liés à la fragmentation. Aux niveaux régional et local, cela nécessite un leadership fort, un renforcement des capacités, une bonne gouvernance et une réforme des institutions.

Dans un nouvel accord mondial sur le climat, une plus grande attention doit être prêtée aux problématiques posées par l'énergie, la responsabilité et l'imputabilité entre les bénéficiaires et les pays traditionnellement contributeurs (Ballesteros *et al.*, 2010). Pour ce faire, il convient d'équilibrer les pouvoirs, mais aussi de garantir que les pays en développement assument leur responsabilité et rendent des comptes. Une source complémentaire de transfert, proposée par Collier⁹ dans sa contribution au présent ouvrage, serait de procéder à la fermeture progressive des mines de charbon, en commençant par les pays développés (c'est-à-dire l'Allemagne, l'Australie et les États-Unis), sans empêcher la découverte de nouvelles sources de production de carbone dans les pays à faible revenu (près de 80 % des réserves de charbon actuellement connues doivent rester inexploitées pour espérer atteindre l'objectif des 2 °C). Non seulement il est plus aisé de contrôler les émissions de carbone au moment de l'extraction que de la consommation – et les pays développés

9. Voir le chapitre 29 de ce volume par P. Collier: *Réduire les émissions de carbone sans freiner le développement.*

devront montrer l'exemple en la matière – mais les producteurs pétroliers des pays développés devront également acheter des droits pour augmenter leurs émissions dans les mines à charbon des pays à revenu intermédiaire, dont la fermeture est programmée. Dans le même temps, les producteurs à faible revenu bénéficieront de plus de temps pour recouvrir la plus-value et les utilisateurs à faible revenu pourront exploiter des sources d'énergie alternatives. Selon les estimations, les goulets d'étranglement du réseau électrique et les pannes d'électricité coûteraient à l'Afrique entre 2 et 4 % de son PIB, chaque année (Africa Progress Panel, 2015).

Conclusion

Avec un taux de pauvreté deux fois plus élevé que celui des régions qui viennent juste avant elle sur l'échelle de la pauvreté (Asie du Sud et Asie de l'Est et Pacifique), l'Afrique reste le continent le plus pauvre au monde. Étant donné que les régions pauvres sont généralement les plus vulnérables au changement climatique en raison de leur capacité d'adaptation limitée, l'Afrique a particulièrement besoin de mettre en œuvre des activités d'adaptation, qui nécessiteront toutefois un financement supérieur à celui disponible à l'échelle des pays. Par ailleurs, l'Afrique est le continent ayant le moins contribué au changement climatique, alors qu'il sera le plus durement touché par le réchauffement de la planète. Des financements exogènes seront nécessaires pour mener à bien les activités d'adaptation et d'atténuation. Sachant que l'Afrique présente un degré élevé d'hétérogénéité concernant sa géographie, son économie et ses institutions, la répartition des financements exogènes devrait intégrer des indicateurs de vulnérabilité au changement climatique.

Outre ces observations générales, les mesures telles que REDD+ devraient d'abord être financées par la communauté internationale. Comme le suggère Angelsen¹⁰ dans sa contribution au présent ouvrage, il existe là une situation potentiellement « gagnant-gagnant », car si la compensation financière est adéquate, ces mesures, à condition d'être correctement conçues, engendreront des bénéfices mondiaux, notamment pour les pays participants. À cet égard, bien que l'Éthiopie, le Libéria et la République démocratique du Congo soient signataires du Défi de Lima impliquant 14 pays forestiers tropicaux, une participation accrue des autres États africains doit être encouragée.

En règle générale, les pays africains devraient collaborer plus étroitement afin de garantir un soutien financier et technique aux pays à faible revenu. Comme mentionné dans les autres contributions au présent ouvrage, les pays africains doivent s'unir pour faire pression sur la communauté internationale et la pousser à réduire « suffisamment » les émissions (c'est-à-dire maintenir le réchauffement climatique en dessous de la limite des 2 °C) en mettant en

10. Voir le chapitre 28 de ce volume par A. Angelsen : *Quel avenir pour la REDD+ ?*

place des mécanismes de mise en œuvre (voir les contributions de Flannery¹¹ et Wiener¹² au présent ouvrage). Individuellement, les États africains doivent lutter contre la problématique du changement climatique en concevant des politiques, des stratégies et des instruments politiques appropriés et en les appliquant. Il est important de mettre l'accent sur la réforme des institutions et des politiques, le renforcement des capacités, la recherche et la bonne gouvernance. La suppression des subventions aux combustibles fossiles et l'augmentation de la part des énergies renouvelables font partie des mesures pouvant être mises en œuvre à court terme et ayant un impact positif sur la lutte contre le changement climatique.

Références

- Africa Progress Panel, 2015, *Énergie, population et planète : saisir les opportunités énergétiques et climatiques de l'Afrique*, Rapport 2015 sur les progrès en Afrique, Genève.
- BALLESTEROS A., NAKHOODA S., WERKSMAN J. et HURLBURT K., 2010, *Power, Responsibility, and Accountability: Re-Thinking the Legitimacy of Institutions for Climate Finance*, Washington DC., World Resources Institute (disponible en anglais à l'adresse suivante : <http://www.wri.org>).
- Banque africaine de développement (BAD), 2011, « The Cost of Adaptation to Climate Change in Africa », Abidjan, Côte d'Ivoire.
- Banque mondiale, 2010, *Rapport sur le développement dans le monde : développement et changement climatique*, Washington DC
- BARR R., FANKHAUSER S. et HAMILTON K., 2010, « The allocation of adaptation funding », document de référence pour le Rapport sur le développement dans le monde de 2010 de la Banque mondiale.
- BIRD N., BROWN J. et SCHALATEK L., 2011, « Design challenges for the Green Climate Fund », document d'orientation sur le financement du climat n° 4, Heinrich Böll Stiftung et ODI (disponible en anglais à l'adresse suivante : www.climatefundupdate.org).
- BOKO M., NIANG I., NYONG A., VOGEL C. *et al.*, 2007, « Africa » in GIEC, 2014, *Changements climatiques 2007 : conséquences, adaptation et vulnérabilité*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press, p. 433-467.
- CAPC, 2011, « Climate Financing: Global Imperatives and Implications for Sustainable Climate Resilient Development in Africa », document de travail n° 16, CAPC de la Commission économique pour l'Afrique des Nations Unies, Addis-Abeba.

11. Voir le chapitre 4 de ce volume par B.P. Flannery : *Les négociations sur le climat pour la COP21*.

12. Voir le chapitre 13 de ce volume par J.B. Wiener : *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification*.

- CERVIGNI R. et MORRIS M., 2015, « Enhancing Resilience in African Drylands », présentation à la conférence IFPRI 2020, Addis-Abeba.
- CORNEILLE A., He J. et DE MELO J., 2015, « Will Africa Avoid the Environmental Trap? », polycopié, Ferdi, Clermont-Ferrand, France.
- DELL M., JONES B. et OLKEN B., 2012, « Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century », *American Economic Journal: Macroeconomics* 4 (3), p. 66-95.
- GEBREEGZIABHER Z., MEKONNEN A., TUFFA A. et SEYOUM A., 2012, « Carbon Markets and Mitigation Strategies for Africa/Ethiopia: Literature Review and the Way Forward », rapport de recherche n° 14 de l'EDRI, Addis-Abeba.
- GIEC, 2014, *Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment (GRICCE), 2009, « Possibilities for Africa in global action on climate change, fact pack », Londres.
- HAITES E., 2011, « Climate change finance », *Climate Policy* 11 (3), p. 963-969.
- MCKINSEY, 2009, *Pathways to a Low-Carbon Economy*.
- MEKONNEN A., DERIBE R. et GEBREMEDHIN L., 2013, « Fossil Fuel and Food Tax Incidence in Ethiopia », *Eastern Africa Social Science Research Review* 29 (2), p. 1-23.
- MEKONNEN A., 2014, « Economic Costs of Climate Change and Climate Finance with a Focus on Africa », *Journal of African Economies*, 23 (suppl. 2), ii50-ii82.
- NORDHAUS W.D. et BOYER J.G., 2000, *Warming the World: Economic Models of Global Warming*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- RANDALL D., WOOD R. et al., 2007, « Climate Models and Their Evaluation » in *Changement climatiques 2007, Les éléments scientifiques*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press, p. 589-662.
- République du Rwanda, 2011, « Green Growth and Climate Resilience National Strategy for Climate Change and Low Carbon Development », Kigali.
- République fédérale démocratique d'Éthiopie, 2011, « Ethiopia's Climate-Resilient Green Economy: Green economy strategy », Addis-Abeba.
- SAUTER C., GREYER J.M. et MATHYS N., 2015, « Geographical Spread of Global Emissions: Within-country Inequalities Are Increasing », document de travail IRENE n° 15-01, Neuchâtel.
- SCHMID G., 2012, « Technology Transfer in the CDM: The Role of Host Country Characteristics », *Climate Policy* 12, p. 722-740.
- STERNER T. (dir.), 2011, *Fuel taxes and the Poor*, Washington DC., RFF Press.
- TOL R. S. J., 2002a, « Estimates of the Damage Costs of Climate Change—Part I: Benchmark Estimates », *Environmental and Resource Economics* 21 (1), p. 47-73.
- TOL R. S. J., 2002b, « Estimates of the Damage Costs of Climate Change — Part II: Dynamic Estimates », *Environmental and Resource Economics* 21 (2), p. 135-160.

-
- WATKISS P., DOWNING T., et DYSZYNSKI J., 2010, *ADAPTCost Project: Analysis of the Economic Costs of Climate Change Adaptation in Africa*, Nairobi, Programme des Nations Unies pour l'environnement.
 - WINSEMIUS H., JONGMAN B., VELDKAMP T., HALLEGATTE S., BANGALORE M. et WARD P., 2015, « Disaster risk and poverty: assessing the global exposure of the poor to floods and droughts », EGU General Assembly Conference Abstracts 2015/4.

Chapitre 6

La situation vue de la Chine

Teng Fei

Fin juin 2015, la Chine a été le premier pays émergent à soumettre sa contribution (Gouvernement de Chine, 2015). Celle-ci comprend quatre points clés : 1) les émissions chinoises devraient atteindre leur pic vers 2030, ce qui est cohérent avec l'annonce conjointe Chine-États-Unis de novembre 2014 (Maison-Blanche, 2014) ; 2) par rapport aux niveaux de 2005, l'intensité carbone (émissions de CO₂ par unité de PIB) de la Chine devrait diminuer de 60 à 65 % d'ici 2030 ; 3) la part des énergies non fossiles dans la consommation d'énergie primaire (dont le nucléaire, les énergies renouvelables et l'hydroélectricité) devrait atteindre environ 20 % d'ici 2030 ; 4) le pays devrait augmenter son stock forestier d'environ 4,5 milliards de mètres cubes d'ici 2030.

La position de la Chine dans les négociations climatiques est unique. C'est le plus gros émetteur au monde, représentant 26 % des émissions mondiales en 2014. Cependant, ses émissions par habitant et ses émissions cumulées par habitant sont encore inférieures aux émissions moyennes des pays de l'OCDE. Le revenu chinois par habitant a augmenté au cours des dernières décennies, mais même dans l'est de la Chine, où le niveau de développement est beaucoup plus élevé que la moyenne nationale, le revenu par habitant est encore bien inférieur à celui des pays *développés*. Selon la plupart des indicateurs, la Chine demeure un pays en développement, mais en raison de sa taille, ses émissions dépassent celles de n'importe quel pays développé. Le monde étant incapable de limiter le changement climatique sans la participation active de la Chine, il est important que les autres pays comprennent le contexte dans lequel la Chine élabore sa propre politique climatique.

1. Contexte politique permettant de comprendre la politique climatique de la Chine

1.1. La croissance de l'économie figure toujours parmi les priorités politiques de la Chine

Le gouvernement chinois continue de privilégier un modèle économique axé sur la croissance. Cela s'explique par plusieurs raisons pragmatiques. Tout d'abord, malgré trois décennies de développement miraculeux, la Chine a encore besoin d'une croissance rapide pour réduire la pauvreté. En 2011, près de 6,3 % de la population totale (soit environ 85 millions de personnes) vivait avec

moins de 1,25 dollar US (PPA, 2005) par jour, se trouvant ainsi sous le seuil de pauvreté établi par la Banque mondiale (Banque mondiale, 2015). D'autre part, les collectivités locales chinoises, notamment dans les provinces occidentales, doivent maintenir un niveau de croissance élevé afin de générer des revenus suffisants pour couvrir les coûts des diverses responsabilités imposées par les gouvernements dont elles dépendent. Ces responsabilités comprennent, entre autres, la sécurité sociale, l'éducation, les soins médicaux, la sécurité publique, la protection de l'environnement et les infrastructures rurales et urbaines. Le système d'imposition actuel concentre de façon très efficace la majorité des recettes fiscales vers les budgets du gouvernement central, mais le système de transfert existant n'est pas particulièrement efficace ni efficient quand il s'agit de redistribuer les ressources financières là où elles sont nécessaires. Nul n'ignore que les collectivités locales doivent générer leurs propres ressources en encourageant la croissance économique et l'investissement ainsi que le développement des infrastructures. Enfin, les responsables des collectivités locales sont extrêmement motivés par le développement rapide de l'économie, car leur promotion est étroitement liée au taux de croissance. Cependant, on s'accorde de plus en plus à reconnaître qu'il peut exister un conflit entre la croissance économique et la protection de l'environnement, notamment l'atténuation du changement climatique, laissant à penser que le modèle économique actuel doit évoluer.

1.2. Les processus d'urbanisation et d'industrialisation en cours auront des répercussions à long terme sur l'évolution des émissions et la consommation énergétique de la Chine

La production industrielle couplée à la croissance économique a stimulé l'urbanisation massive de la Chine à un taux et à une ampleur sans précédent. Chaque année, des millions de travailleurs ruraux, attirés par des perspectives de revenus plus élevés, migrent vers les villes. En 2011, la population urbaine de la Chine dépassait pour la première fois sa population rurale; d'ici 2030, près de 330 millions de personnes supplémentaires devraient migrer vers les villes. Cette nouvelle population urbaine va accroître la demande en infrastructures, en matériaux de construction et en biens de consommation, entraînant ainsi une augmentation de la consommation d'énergie et des émissions de carbone. En Chine, un citoyen consomme en moyenne trois fois plus d'énergie qu'un rural (voir le chapitre rédigé par Bigio¹). Ces tendances auront des conséquences à long terme sur la politique climatique. Les investissements de capacité rendus nécessaires par la croissance de la demande urbaine risquent de devenir tributaires d'une infrastructure énergivore et d'accords industriels qu'il sera difficile de modifier à court terme. Dans certaines régions de l'ouest et du centre de la Chine, où la croissance a été particulièrement forte ces dernières années, cette ossification de l'énergie et des normes d'émission est déjà en cours.

1. Voir le chapitre 30 de ce volume par A.G. Bigio : *Vers des villes résilientes et bas carbone*.

1.3. Concilier sécurité énergétique et protection de l'environnement constitue un défi de taille pour le système énergétique chinois

Le système énergétique chinois fait face à de nombreux problèmes, dont trois sont particulièrement importants: (1) difficultés d'ajustement de la structure énergétique; (2) dilemme concernant la croissance de l'énergie fossile; (3) augmentation de la dépendance énergétique vis-à-vis de l'étranger.

La demande énergétique totale de la Chine continue d'augmenter. Bien que l'investissement dans l'énergie renouvelable et les économies d'énergie se soit développé rapidement ces dernières années, la demande énergétique globale a augmenté encore plus vite, entraînant une hausse de la consommation de charbon, de pétrole et d'autres combustibles fossiles. La croissance de l'énergie fossile a provoqué de graves problèmes environnementaux qui ont fait l'objet d'une attention accrue. L'épais brouillard qui recouvre Beijing, Tianjin et la province de Hebei contient de dangereux niveaux de matières particulaires (PM_{2,5}). Il est provoqué par la combustion du charbon et les gaz d'échappement des véhicules. La croissance de la demande énergétique de la Chine conduit également le pays à dépendre de plus en plus des sources d'énergie étrangères. D'ici 2020, la part des importations de pétrole devrait atteindre 70 % et celle de gaz naturel 50 %, générant des problèmes en matière de sécurité énergétique (New Climate Economy, 2014). Les conflits et tensions géopolitiques qui affectent les pays fournisseurs d'énergie pourraient provoquer une pénurie temporaire de l'offre et une hausse des prix, représentant alors un risque pour la stabilité de l'économie chinoise. Le pays pourrait réduire sa dépendance énergétique en produisant plus de charbon au niveau national, au détriment de la santé et de l'environnement.

1.4. La qualité de l'air est devenue la première cause d'instabilité sociale en Chine et le contrôle de la pollution atmosphérique aura des répercussions importantes sur les efforts visant à lutter contre le changement climatique mondial

En Chine, la mauvaise qualité de l'air est devenue la première cause d'agitation sociale et une menace pour la stabilité politique. Elle est à l'origine de millions de décès prématurés chaque année et de milliards de dollars de dommages environnementaux. Les particules fines (dont la suie, les substances organiques et les sulfates) ont de graves conséquences sur la santé humaine et sont aussi responsables du changement climatique. Elles émanent de la combustion et des procédés industriels, et se forment aussi par réaction chimique à partir de polluants gazeux. Le respect des normes chinoises proposées en matière de qualité de l'air dans l'ensemble du pays offrirait des avantages considérables: outre les bénéfices en matière de santé, la pollution atmosphérique et les émissions de mercure chuteraient dans l'hémisphère nord et le réchauffement mondial ralentirait.

En vue d'améliorer la qualité de l'air, la consommation de charbon doit baisser. En Chine, le charbon représente actuellement entre 60 et 70 % des émissions de PM_{2,5} (matières particulaires primaires et secondaires), provo-

quant 700 000 décès prématurés chaque année (Teng *et al.*, 2015). Le charbon représente également 83 % des émissions de carbone de la Chine du fait de la combustion de matière fossile. Les efforts visant à améliorer la qualité de l'air par la réduction de la consommation de charbon offriront donc aussi des avantages climatiques importants. Pour que les émissions de CO₂ atteignent leur pic vers 2030, la consommation de charbon devra se stabiliser avant 2020, puis décliner (He, 2014). Le coût environnemental externe de la consommation de charbon est d'environ 40 dollars US par tonne, mais seule une faible partie de ce coût se reflète dans les prix actuels (Teng *et al.*, 2015). Si la Chine veut réduire la pollution atmosphérique, le coût environnemental externe doit être internalisé davantage.

Dans les provinces riches en charbon, de nombreuses collectivités locales voient la technologie de transformation du charbon en gaz naturel comme une solution permettant de réduire la pollution atmosphérique, mais les importants besoins en eau de cette technologie incitent le gouvernement central à la prudence. Si peu d'usines de gazéification du charbon fonctionnent actuellement en Chine, près de 50 projets sont en cours de planification et certains d'entre eux sont déjà en construction. Si toutes les usines prévues étaient construites et fonctionnaient, elles émettraient un milliard de tonnes de CO₂ supplémentaire chaque année. Ainsi, la manière de contrôler la qualité de l'air en Chine aura une incidence sur le changement climatique mondial, mais de façon complexe. D'une part, la réduction des émissions de suie par la baisse de la consommation de charbon ou par l'utilisation de poêles moins polluants permettra de réduire le forçage radiatif et donc de limiter le réchauffement, bénéficiant à la fois au climat et à la santé publique. Un renforcement des normes d'émission relatives aux véhicules diesel émetteurs de particules serait une autre solution « gagnant-gagnant ». D'autre part, la réduction des émissions de SO₂ provenant des centrales électriques réduirait la quantité de sulfates contenus dans l'atmosphère, augmentant ainsi le forçage radiatif, qui a un effet négatif à court terme sur le climat. Une réflexion sur la façon de mieux contrôler les divers polluants et leurs sources est donc indispensable. De toute évidence, il convient d'élaborer une stratégie de réduction « multi-polluants » (GIEC, 2014).

1.5. Leviers nationaux et internationaux des actions futures

En Chine, les émissions de polluants atmosphériques représentent un défi de taille pour un développement économique et social durable. Outre les leviers nationaux, des leviers internationaux influent également sur les politiques climatiques de la Chine. Le rapport que la Chine entretient avec les États-Unis est le rapport bilatéral le plus important pour le pays. La réunion ministérielle des pays du BASIC (Brésil, Afrique du Sud, Inde et Chine) et le *groupe des pays en développement animés du même esprit* (LMDC « Like-Minded Developing Countries ») sont les deux principaux processus multilatéraux qui influencent la position des pays dans les négociations climatiques. La Chine fait face à deux sources de pressions : d'un côté, son volume d'émissions lui impose d'adopter

des mesures plus ambitieuses afin d'assumer ses responsabilités; d'un autre côté, elle doit être solidaire des pays en développement « amis » pour sauvegarder leurs intérêts communs (tels que les responsabilités communes mais différenciées). Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) sont deux processus multilatéraux ayant une influence scientifique et politique notable sur le processus décisionnel de la Chine. Mais comparé à d'autres objectifs, le changement climatique n'est pas une priorité pour les leaders politiques chinois et les mesures d'atténuation de la Chine sont en grande partie influencées par des considérations nationales et non par des pressions internationales. Ainsi, la meilleure façon de renforcer les ambitions de la Chine en matière d'atténuation reste d'aligner cet objectif avec les priorités nationales du pays, c'est-à-dire la croissance, la sécurité énergétique et la qualité de l'environnement.

2. Perspectives d'avenir

2.1. Changement de point de vue : envisager non seulement les coûts, mais aussi les avantages

Traditionnellement, en Chine, la question du climat est étroitement liée à celle du développement. L'« espace carbone » a été interprété comme un espace de développement risquant de limiter l'essor de l'économie chinoise. Les coûts associés à la réduction des émissions de carbone ont davantage attiré l'attention des chercheurs et des décideurs. Mais, en Chine, cette ancienne vision des choses est en train de changer en raison de la pression conjointe du ralentissement du développement économique, de graves problèmes de sécurité énergétique et du défi que représente l'amélioration de la qualité de l'air (Li, 2015). Le ralentissement de la croissance fait que la Chine s'intéresse davantage aux nouvelles forces qui dirigent son économie. La nouvelle industrie énergétique et les infrastructures sobres en carbone sont considérées comme un secteur émergent capable de stimuler la croissance future. Compte tenu de ces nouvelles priorités, la Chine est devenue le premier investisseur mondial dans l'énergie éolienne, le photovoltaïque, le nucléaire et les systèmes ferroviaires à grande vitesse. Ces technologies sont toutes liées à la transition vers une économie sobre en carbone pouvant offrir davantage d'opportunités commerciales aux entreprises chinoises. La promotion de cette transition n'est plus vue comme un effort coûteux, induit principalement par la pression internationale. Elle est considérée comme une opportunité, un moyen de propulser la croissance chinoise et d'éviter le piège du revenu intermédiaire. Les préoccupations croissantes en matière de qualité de l'air et de sécurité énergétique conduisent également les décideurs à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire la dépendance du pays aux combustibles fossiles afin de se prémunir contre ces risques.

2.2. Répondre à l'évolution des conditions politiques

En Chine, la réflexion sur l'action climatique a évolué. La lutte contre le changement climatique n'est plus considérée comme une menace pour le développement, mais plutôt comme une opportunité de croissance. En revanche, il reste difficile de savoir comment la Chine peut réaliser la transition nécessaire vers une croissance sobre en carbone. Le pays s'est déjà tourné vers une économie de marché, mais il dispose encore de nombreuses réglementations. Le défi qu'aura à relever le gouvernement chinois consistera à faire jouer un rôle constructif au marché en vue de pouvoir réaliser sa transition vers une économie sobre en carbone, en réduisant la nécessité de réglementations contraignantes.

Doté d'un pouvoir central puissant, le gouvernement chinois favorise la réglementation contraignante et affecte différents objectifs aux collectivités locales, puis aux sociétés et aux entreprises. Ces politiques et ces mesures fonctionnent bien parce que l'État contrôle l'approbation des projets tandis que les entreprises publiques dominent les industries énergivores. Ces dernières années en revanche, le gouvernement s'est mis à rationaliser l'administration et à déléguer plus de pouvoir aux niveaux administratifs inférieurs. Dans le même temps, les sociétés privées sont attirées vers les industries grandes consommatrices d'énergie en raison de la libéralisation du marché de l'énergie. Ces sociétés privées sont davantage motivées par des considérations économiques que politiques. Si l'efficacité des politiques de réglementation décroît en Chine, les coûts politiques et économiques de ces mesures sont importants. Pour faire face à ces évolutions, les politiques de marché (impositions et systèmes de plafonnement et d'échange) et les mesures qui en découlent doivent remplacer les traditionnelles réglementations contraignantes.

Références

- Banque mondiale, 2015, *Poverty and Equity Databank*, Washington DC. [<http://povertydata.worldbank.org/poverty/country/CHN>].
- GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- Gouvernement de Chine, 2015, « Enhanced Actions on Climate Change: China's Intended Nationally Determined Contributions », Beijing (traduction anglaise non officielle disponible à l'adresse : <http://www.ndrc.gov.cn/xwzx/xwfb/201506/W020150630783447810119.doc>).
- HE J. K., 2014, « Analysis of CO₂ emissions peak: China's objective and strategy », *Chinese Journal of Population Resources and Environment* 12 (3), p. 189-198.
- LI K., 2015, « Escalate Development Quality and Strengthen Actions to Address Climate Change », http://www.gov.cn/guowuyuan/2015-06/12/content_2878792.htm.
- Maison-Blanche, 2014, « US-China Joint Announcement on Climate Change »,

12 novembre, Washington DC. (<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/11/11/us-china-joint-announcement-climate-change>).

- New Climate Economy, 2014, China and the New Climate Economy, Global Commission on the Economy and Climate et Tsinghua University [<http://newclimateeconomy.net/content/china-and-new-climate-economy>].
- TENG F. *et al.*, 2015, « Co-benefits of Coal Consumption Cap Targets », rapport de projet au NRDC (http://www.nrdc.cn/coalcap/index.php/English/project_content/id/576).

Chapitre 7

La situation vue de l'Inde

Eswaran Somanathan

Ce chapitre présente le point de vue de l'Inde sur le problème du changement climatique. Il rappelle dans une première section la position historique indienne, et son évolution récente. La section présente ensuite les ambitions de l'Inde en matière d'émissions de carbone. La section 3 examine l'opportunité que représente pour l'Inde une tarification du carbone, et la section 4 comment les pays développés peuvent la soutenir en finançant des mesures d'atténuation pertinentes.

1. L'Inde et les pays « animés du même esprit »

Jusqu'à présent, la politique indienne à l'égard d'un accord international sur le climat a surtout été défensive. Le problème du changement climatique n'entrait pas dans les préoccupations nationales, et l'Inde ne s'est mobilisée qu'avec réticence, à la suite des demandes faites sur plusieurs forums internationaux. Elle estimait qu'il serait injuste d'attendre des pays pauvres qu'ils freinassent leur développement en limitant leurs émissions, alors que les pays riches sont les premiers responsables des stocks excédentaires de dioxyde de carbone et ont bien plus les moyens de financer l'atténuation. Cette position a été entendue en 1992 par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, qui fait état de « responsabilités communes, mais différenciées » confirmées ensuite par le protocole de Kyoto.

L'approche adoptée par l'Inde a vu le jour dans les années 1990, lorsque le coût des mesures d'atténuation était considéré comme très élevé. Bien entendu, cela n'a jamais tout à fait été le cas. En effet, des moyens d'atténuation au coût économique négatif ont toujours été disponibles via la suppression des subventions aux combustibles fossiles. S'ils n'ont pas été adoptés, c'est parce que cela aurait demandé le courage politique de mener des réformes et que les pays développés n'ont pas lancé d'action constructive en ce sens. Rien ne forçait alors les pays à agir. L'Inde a préféré s'allier au groupe des « pays animés du même esprit », qui réunit un grand nombre de pays en développement, la Chine et plusieurs exportateurs de combustibles fossiles, s'opposant ainsi à toute mesure d'atténuation attendue des pays en développement.

L'évolution de la situation a rendu cette position indéfendable. Par leur influence nettement supérieure dans les médias, les pays riches ont réussi à

présenter le débat sous l'angle de leur promesse – réduire la part de leurs émissions – blâmant ainsi les pays en développement qui refusaient d'agir. Ce faisant, ils minimisaient leur contribution par habitant au stock de gaz à effet de serre, qui est en réalité bien plus importante. Le fait que quelques exportateurs de pétrole très riches fassent partie des pays animés du même esprit a en partie conduit l'Inde à revoir ses prétentions morales à la baisse. Petit à petit, le discours des pays développés s'est traduit par des mesures concrètes, avec notamment le lancement du système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne, au milieu des années 2000. En outre, la Chine s'est récemment engagée à infléchir ses émissions de carbone dès 2030, ou même avant, relevant les attentes de l'Inde au niveau international. Enfin, le pays a pris conscience du changement climatique et de ses conséquences néfastes, confortant ainsi le sentiment qu'il est temps d'agir.

2. La promesse ambitieuse de l'Inde : réduire son intensité carbone

Désireuse de se défaire de l'image d'obstructionniste que lui collaient les médias de l'hémisphère nord, l'Inde a élaboré en 2008 un Plan d'action national sur les changements climatiques comportant huit missions nationales. À l'exception de la mission solaire nationale qui a connu une réussite spectaculaire, celles-ci n'ont guère eu de succès. Les gouvernements de l'Inde et de plusieurs États ont vendu aux enchères des contrats de longue durée relatifs à l'achat d'électricité auprès de développeurs privés de grandes centrales solaires photovoltaïques. Depuis quatre ans, à mesure que les investissements augmentent dans ce secteur, le montant des enchères baisse rapidement. Lors des enchères les plus récentes (qui se sont tenues en juillet et août 2015), le prix de l'électricité solaire a fortement diminué. À présent, celle-ci est à peine 10 à 25 % plus chère que celle produite par les nouvelles centrales à charbon. L'Inde a atteint une capacité photovoltaïque de 3,5 GW, alors qu'elle partait de presque zéro en 2010.

Lors de la conférence de Copenhague en 2009, l'Inde s'est engagée à réduire d'ici 2020 l'intensité carbone de son PIB de 20 à 25 % par rapport à son niveau de 2005. Un objectif lié à l'intensité carbone plutôt qu'aux émissions totales se justifie dans le cas de l'Inde, la croissance de son PIB s'annonçant aussi élevée qu'incertaine. À la conférence de Lima en décembre 2014, le gouvernement a confirmé sa décision d'instaurer un objectif national visant 175 GW de capacité installée en énergies renouvelables d'ici 2022, dont 100 GW d'énergie solaire et 60 GW d'énergie éolienne.

Ces objectifs sont-ils assez ambitieux ? Ont-ils une chance d'être atteints ? L'Inde doit-elle aller encore plus loin, ou en a-t-elle déjà trop fait ? Devrait-elle opter pour une autre approche ?

Les objectifs que s'est fixés l'Inde sont incontestablement ambitieux. L'intensité des émissions a tendance à augmenter rapidement dans le cas de

faibles revenus par habitant, puis à ralentir quand les revenus augmentent¹. À titre d'exemple, l'intensité carbone de l'Inde était de 139 kg de CO₂ pour 1 000 dollars US, pour un PIB en PPA de 5 200 dollars par habitant. La Chine, environ deux fois plus riche avec un PIB par habitant de 11 500 dollars, a une intensité carbone égale à 229 kg de CO₂/1 000 dollars. Les États-Unis, dix fois plus riches avec un PIB par habitant de 51 300 dollars, ont une intensité carbone de 334 kg de CO₂. L'Inde s'est donc engagée à s'écarter de cette tendance. La diminution de 10 % de son intensité carbone entre 2005 et 2013 indique qu'elle s'en sort plutôt bien pour l'instant². Rien ne permet cependant d'affirmer que cela continuera sans l'élaboration de mesures politiques rigoureuses.

Le fait d'opter pour des objectifs en faveur des énergies renouvelables est un signe certain d'ambition. La capacité installée en photovoltaïque solaire est à l'heure actuelle de 180 GW à l'échelle mondiale, et de seulement 3,5 GW en Inde. Par ailleurs, la capacité indienne totale de production électrique (en majorité au charbon) ne dépasse pas 280 GW. Le photovoltaïque ne rivalisant pas encore sérieusement avec le charbon, des mesures politiques rigoureuses seront nécessaires pour ajouter 100 GW de photovoltaïque solaire en sept ans. Si l'énergie éolienne est compétitive, l'ajout d'une capacité de 60 GW est un objectif très élevé, compte tenu du délai imparti.

Ces objectifs risquent de ne pas être atteints si les circonstances sont défavorables ou si les mesures politiques ne sont pas assez rigoureuses. Par conséquent, l'Inde aurait tort de pousser plus loin ses engagements quantitatifs à la suite des annonces concernant les émissions absolues faites par les pays développés. Il ne serait pas non plus réaliste de définir une année de pic pour l'ensemble des émissions, comme l'a fait la Chine. Il est naturellement préférable de s'engager sur un avenir plus lointain. Ces engagements ne seraient cependant ni significatifs ni crédibles, la capacité d'action de l'Inde étant tributaire de la croissance de son revenu par habitant au cours des dix prochaines années.

3. Des idées à l'action : vers une tarification du carbone...

L'Inde devrait-elle dès lors s'arrêter en si bon chemin ? Il me semble que non : il est possible, et même souhaitable, que le pays intensifie ses efforts, d'autant plus qu'il est plus évident que jamais que le changement climatique a causé du tort à l'économie indienne et pourrait se révéler encore plus dangereux dans les décennies à venir. Le réchauffement climatique a déjà entraîné une baisse de plusieurs points de pourcentage de la récolte de riz et de blé, les deux cultures les plus importantes du pays (Auffhammer *et al.*, 2006 ; Gupta *et al.*,

1. Il est possible de consulter la base de données EDGAR dont sont tirés les chiffres (<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/>). Les valeurs du PIB, exprimées en millions de dollars US en PPA, sont celles indiquées par la Banque mondiale pour 2011.

2. À titre de comparaison, l'intensité carbone de la Chine a reculé de 29 % et celle des États-Unis de 2,6 % au cours de la même période.

2014), ainsi qu'une régression de 3 % de la productivité de la main-d'œuvre dans le secteur de la fabrication (Somanathan *et al.*, 2014). L'Inde a donc tout intérêt à ce que l'accord sur le climat soit constructif.

Au lieu d'annoncer des objectifs, il serait beaucoup plus utile que l'Inde annonce des mesures, ce qui renforcerait sa crédibilité. D'une part, le pays devrait annoncer sa volonté de fixer une taxe sur le carbone en s'appuyant sur sa politique énergétique récente. D'autre part, au lieu de simplement demander aux pays développés d'augmenter leurs transferts, elle devrait solliciter des transferts vers des programmes précis qui démontrent sans ambiguïté leur effet d'atténuation et qui sont susceptibles d'être développés grâce au financement extérieur. Plusieurs possibilités sont décrites ci-après.

Depuis quelques années, le gouvernement indien a mis en place une tarification du carbone dans les secteurs du pétrole et du charbon. En 2013, il a décidé de supprimer progressivement la subvention implicite du diesel en autorisant les sociétés pétrolières publiques à augmenter leurs tarifs tous les mois, petit à petit³. Cette mesure a été suivie l'an dernier d'une augmentation des droits d'accise sur le diesel et l'essence alors que les cours mondiaux du pétrole s'effondraient. Au final, l'Inde est passée d'une subvention nette du diesel de 9 Rs/l à une taxe nette de 10 Rs/l⁴. La taxe carbone qui en résulte s'élève à 64 USD/t-éqCO₂ (ministère des Finances, 2015). Elle demeure très inférieure aux taxes européennes sur les carburants, mais supérieure à celle des États-Unis. Compte tenu de l'écart qui existe entre l'Europe et les États-Unis, les émissions européennes de CO₂ dans le secteur des transports sont moitié moins importantes que si elles étaient imposées au taux des États-Unis (Sternier, 2007; Sternier et Köhlin⁵), ce qui prouve l'importance de taxer les combustibles dans le cadre des politiques sur le climat.

En raison d'un sous-investissement chronique, les réseaux routiers et ferroviaires indiens sont fortement encombrés, et les décideurs reconnaissent que leur amélioration aurait un impact très positif sur l'économie (ministère des Finances, 2015). En réalité, il est impossible d'imaginer un scénario dans lequel l'Inde doublerait son revenu par habitant en dix ans sans une formidable multiplication de sa capacité routière et ferroviaire et sans une réduction des embouteillages.

Il est donc logique que l'Inde associe les deux objectifs – augmenter les recettes des infrastructures de transport et réduire les émissions de carbone – en annonçant une hausse régulière de la taxe sur les combustibles liquides, jusqu'à ce que les recettes qui en résultent puissent intégralement financer la construction et l'entretien des routes, de certains transports publics locaux et d'au moins une partie des investissements nécessaires à l'extension du réseau ferroviaire. Jusqu'à présent, l'expérience a montré qu'une augmentation pro-

3. <http://timesofindia.indiatimes.com/business/india-business/Diesel-prices-to-be-hiked-40-50-paise-every-month-Veerappa-Moily-says/articleshow/18287874.cms>

4. 1 dollar US vaut environ 65 roupies indiennes.

5. Voir le chapitre 18 de ce volume par T. Sternier et G. Köhlin: *Défis posés par la tarification du carbone*.

gressive des prix était politiquement réalisable ; l'annoncer dans un forum sur le climat contribuera à engager le pays dans cette direction.

Le gouvernement a mis en place une taxe sur le charbon qu'il a augmentée à deux reprises en deux ans. Elle s'élève actuellement à 200 Rs/tonne (environ 8 % de son prix actuel), soit quelque 1,15 USD/t-éqCO₂. Les recettes ont été affectées au financement de projets écologiques.

Cette politique devrait désormais être étendue avec l'annonce d'une augmentation annuelle, pour une durée indéterminée, de la taxe à hauteur de 50 à 100 roupies par tonne. Une partie des recettes devrait être consacrée à la résolution d'un des problèmes les plus épineux du secteur indien de l'électricité : la gratuité (moyennant rationnement) de l'électricité pour les agriculteurs utilisant des pompes d'irrigation. L'agriculture représente 18 % de la consommation électrique en Inde (Central Statistical Organisation, 2015), et cette dernière est rarement payée. Supprimer la subvention sans indemnisation reviendrait à un suicide politique pour le gouvernement, quel qu'il soit. Néanmoins, les recettes issues de la taxe sur le charbon pourraient servir à subventionner des pompes à énergie solaire photovoltaïque pour les agriculteurs, en échange du calcul de leur consommation au tarif commercial⁶. Les agriculteurs pourraient également revendre l'électricité qu'ils produisent à un tarif légèrement inférieur afin de couvrir les coûts des services publics. Le programme doit être volontaire, ce qui aidera à emporter l'adhésion du monde politique.

Du point de vue des priorités nationales, la disparition de l'électricité non mesurée et subventionnée dans l'agriculture constitue une étape décisive en vue de mettre fin aux coupures chroniques et au sous-investissement qui caractérisent le secteur électrique en Inde. L'été 2015 a été marqué par la fermeture définitive de nombreuses centrales en raison de l'absence de demande, alors que le pays ploie sous les coupures d'électricité. Cette situation s'explique par l'état déplorable des finances des sociétés publiques de distribution ; elles n'ont aucune raison d'acheter de l'énergie si elles doivent en donner une grande partie⁷.

4. ...Et un financement de l'atténuation par des compensations au titre des programmes d'échange de carbone

Il faudrait des décennies pour que la taxe sur le charbon dégage suffisamment de recettes pour acheter des pompes électriques aux 18 millions d'agriculteurs⁸. En revanche, l'Inde peut demander aux pays développés de tenir leur pro-

6. Les pompes d'irrigation sont une source naturelle de demande d'énergie solaire, car elles n'ont pas besoin d'être alimentées 24 heures sur 24.

7. <http://gulzar05.blogspot.in/2015/06/more-on-indias-power-sector-woes.html>

8. Sans parler des 8 millions d'agriculteurs détenant des pompes qui fonctionnent au diesel (<http://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/Scheme-for-Solar-Pumping-Programme-for-Irrigation-and-Drinking-Water-under-Offgrid-and-Decentralised-Solar-applications.pdf>).

messe : financer l'atténuation dans les pays en développement en contribuant à la subvention de l'énergie solaire. Les réductions d'émissions prévues par le programme peuvent aisément être mesurées et donc tarifées. Cela favoriserait les financements sous forme de compensations au titre des programmes d'échange de carbone, une option que les pays développés devraient trouver beaucoup plus intéressante, d'un point de vue politique, que les transferts d'un gouvernement à l'autre. Présenter de façon transparente les dépenses nationales engagées pour le programme à partir des prévisions de recettes issues de la taxe sur le charbon limiterait l'apparition de litiges autour des niveaux d'émissions de référence. Cela pourrait même donner lieu à une coopération internationale effective dans un domaine qui, jusqu'à présent, s'est surtout caractérisé par des discours conflictuels.

L'effet d'incitation causé par la tarification progressive du charbon sera très important pour aider l'Inde à négocier la transition du charbon polluant (au niveau local et mondial) aux énergies renouvelables. La limitation des perspectives de rendement des nouvelles centrales à charbon se traduira par une augmentation des investissements dans les énergies renouvelables, tandis qu'ancrer les attentes sans créer de rupture nette facilitera la transition sur un plan économique. En effet, il est évident que les politiques d'approvisionnement en vigueur ne permettront pas de multiplier par cent notre capacité en énergies renouvelables en moins de dix ans. La seule option viable consiste à réduire l'intérêt que représente l'investissement dans le charbon. Afin d'atteindre l'objectif sur la capacité que s'est déjà fixé le gouvernement, une politique proche de celle exposée dans ces pages est inévitable.

Références

- AUFFHAMMER M., RAMANATHAN V. et VINCENT J. R., 2006, « Integrated model shows that atmospheric brown clouds and greenhouse gases have reduced rice harvests in India », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103 (52), p. 19668-19672.
- Central Statistical Organisation, 2015, *Energy Statistics*, Delhi, Gouvernement de l'Inde.
- GUPTA R., SOMANATHAN E. et DEY S., 2014, « Global Warming and Aerosol Pollution Have Reduced Wheat Yields in India », non publié.
- Ministère des Finances, 2015, *Economic Survey*, Delhi, Gouvernement de l'Inde.
- SOMANATHAN E., SOMANATHAN R., SUDARSHAN A. et TEWARI M., 2014, « The Impact of Temperature on Productivity and Labor Supply: Evidence from Indian Manufacturing », *Discussion Paper 14-10*, Indian Statistical Institute, Delhi.
- STERNER T., 2007, « Fuel taxes: An important instrument for climate policy », *Energy Policy*, 35 (6), p. 3194-3202.

Chapitre 8

La situation vue du Japon

Mitsutsune Yamaguchi, Keigo Akimoto

Ce chapitre examine à la section 1 le regard que porte le Japon sur le protocole de Kyoto, notamment concernant les implications de cet accord sur la flexibilité et la compétitivité ainsi que l'élaboration et le fonctionnement du Mécanisme de développement propre. La section 2 analyse sa contribution prévue déterminée au niveau national, en tenant compte de l'accident nucléaire de Fukushima. La section 3 aborde également l'importance de tenir compte des contextes lors de la mise en œuvre des politiques, en prenant comme exemple les restrictions imposées au financement des nouvelles centrales à charbon et les initiatives volontaires. Ensuite la section 4 montre l'importance des innovations technologiques et de leur diffusion, en présentant une approche sectorielle. La section 5 transmet la proposition, émanant d'experts japonais, de redéfinir la sensibilité du climat en vue d'un accord viable et efficace entre les parties. Le Japon reconnaît que son rôle principal dans la réduction concrète des émissions à l'échelle internationale consiste à diffuser dans le monde entier des technologies à haut rendement énergétique et à concevoir des technologies innovantes.

1. Le protocole de Kyoto vu du Japon

Bien que le protocole de Kyoto, caractérisé par une approche *top-down*, ait été la première mesure de lutte contre le changement climatique mise en œuvre à l'échelle mondiale, il n'a pas été aussi efficace qu'on l'espérait (GIEC, 2014). Le regard du Japon sur ce protocole porte sur trois points : le manque de souplesse, l'absence de prise en compte des questions de compétitivité entre pays développés et l'expérience amère du Mécanisme de développement propre (MDP).

Plusieurs mois après la catastrophe de Fukushima causée par le tsunami du 11 mars 2011, l'ensemble des 54 centrales nucléaires du pays, dont celles de Fukushima, a été contraint de cesser ses activités. Au 31 mai 2015, la situation n'avait pas évolué. Par conséquent, en 2013, les émissions de CO₂ attribuables à la production d'énergie s'élevaient à 1 235 MtCO₂, soit environ 100 MtCO₂ de plus qu'en 2010. La moyenne des émissions annuelles pour la première période d'engagement prévue par le protocole a légèrement excédé celle de 1990. Cependant, en raison d'un manque de souplesse dans les dispositions du protocole dans le cas d'une situation aussi imprévisible, le Japon a dû respecter

ses engagements en achetant 74 Mt-éqCO₂ de crédit. Nous sommes d'avis que la *clausula rebus sic stantibus* (principe de changement de circonstances) doit s'appliquer à tous les engagements pris par les pays.

Les limites d'émission définies par le protocole s'appliquaient uniquement aux pays industrialisés, bien que les États-Unis ne l'aient pas ratifié. Les pays signataires ont exprimé plusieurs sujets de préoccupation, concernant notamment l'équité des engagements et la compétitivité entre pays développés et en développement. Au cours de la première période d'engagement du protocole, les secteurs les plus énergivores du Japon se sont sentis pénalisés. Prenons comme exemple le commerce mondial de marchandises en 2013. Parmi les cinq principales destinations des exportations japonaises, trois pays (la Chine, la Corée du Sud et le Taipei chinois, représentant 31,8 % des exportations) ne sont soumis à aucune limite d'émission. En revanche, environ 60 % des exportations allemandes sont à destination de pays européens soumis à une limitation, contre 6,1 % seulement à destination de la Chine. Du côté des États-Unis, bien que la Chine constitue leur 4^e marché d'exportation, son poids reste relativement faible avec 7,7 % des exportations (OMC, 2015)¹.

Nous sommes d'avis que, lors de l'évaluation de la contribution prévue déterminée au niveau national (INDC) de chaque pays, la question de la compétitivité devrait bel et bien être prise en compte.

L'efficacité du Mécanisme de développement propre du point de vue environnemental et financier n'a pas été aussi élevée que prévu en raison de la controverse portant sur l'additionnalité (définition des données de référence), les fuites, les coûts de transaction, etc. (Okazaki et Yamaguchi, 2011; GIEC, 2014.) Ce mécanisme a découragé les secteurs industriels japonais. La plupart d'entre eux sont désireux de contribuer à la réduction des émissions mondiales en fournissant des technologies de pointe aux pays en développement. Mais la majeure partie des projets étant concentrés dans un pays et les fabricants japonais se sont trouvés contraints de rivaliser avec d'autres fabricants de pays développés pour obtenir des crédits. Si on leur avait demandé de transférer leurs technologies à un coût raisonnable, ils l'auraient fait avec joie et fierté. Leur intention n'a jamais été de mettre au point des technologies et de les diffuser pour obtenir des crédits (c'est-à-dire pour un gain à court terme); au contraire, leur intention était de renforcer leur avantage concurrentiel et, ce faisant, leur rentabilité à long terme.

1. Un autre exemple est celui du prix du carbone. La plupart des modèles ont calculé que le prix payé par le Japon pour atteindre l'objectif fixé par le protocole de Kyoto était supérieur à ceux payés par les États-Unis et l'UE, comme le montre le troisième Rapport d'évaluation du GIEC.

2. L'accident de Fukushima et ses retombées sur les politiques énergétique et climatique du Japon : contexte et analyse de l'INDC

L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima en mars 2011 a contraint le Japon à revoir ses politiques énergétique et climatique, qui reposaient précédemment sur l'expansion de la production d'énergie nucléaire. Après de nombreuses discussions consécutives à l'accident, le gouvernement japonais a officiellement adopté un nouveau plan stratégique en matière d'énergie en avril 2014. Bien que ce nouveau plan cherche l'équilibre entre les composantes économie, environnement, sécurité énergétique et sûreté, il ne prévoit pas de bouquet énergétique spécifique en raison des grandes incertitudes qui pèsent sur le futur des centrales nucléaires, surtout en matière de réglementation et d'acceptation par le public.

Les Japonais redoutent qu'un retour au nucléaire occasionne un nouvel accident. Pourtant, différents types de risques doivent être pris en compte dans les politiques, non seulement le risque d'un accident nucléaire, mais aussi ceux liés à l'augmentation du prix de l'électricité (susceptible d'affaiblir la compétitivité de l'industrie au niveau international), à la sécurité énergétique et au changement climatique, et ce simultanément. Très souvent, ces risques sont antagonistes. Les autorités doivent expliquer clairement aux consommateurs les arbitrages nécessaires entre catégories de risques.

En juin 2015, il n'y avait toujours aucun réacteur nucléaire en fonctionnement au Japon. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont alors atteint un niveau record en 2013. En outre, les dépenses supplémentaires générées par l'achat à l'étranger de combustibles fossiles pour la production d'électricité, en remplacement du nucléaire, se sont élevées à 3 700 milliards de yens pour l'exercice 2013, entraînant une hausse du prix de l'électricité. Les énergies renouvelables sont préférables pour réduire les émissions de CO₂ et garantir la sécurité énergétique, mais elles sont encore très onéreuses. Afin de favoriser leur généralisation, le gouvernement a mis en place des tarifs d'achat en 2012. Bien que les tarifs appliqués à l'énergie solaire photovoltaïque aient été diminués progressivement, ils s'élevaient encore respectivement à 37 et 32 yens/kWh pour les panneaux équipant les bâtiments résidentiels et non résidentiels lors de l'exercice 2014. Les capacités photovoltaïques totales demandées et approuvées par le gouvernement ont atteint 70,2 GW fin novembre 2014 (la capacité énergétique totale du Japon était d'environ 290 GW en 2012), et le coût financier annuel supplémentaire imputable aux tarifs d'achat est estimé à 1 300 milliards de yens par an à partir de 2015. Qui plus est, les grandes installations d'éoliennes et de panneaux photovoltaïques, sources d'énergie intermittentes, engendrent des coûts supplémentaires élevés pour stabiliser les réseaux. C'est particulièrement vrai au Japon, où le réseau électrique est isolé de celui des autres pays en raison de sa géographie. Dans cette situation, l'énergie nucléaire, encore compétitive au Japon, peut contribuer à l'indépendance énergétique de l'archipel et s'avère indispensable pour réduire les émissions.

Tableau 8.1. Projet de bouquet énergétique et objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour 2030 annoncés par le Japon fin avril 2015

Énergie primaire		Émissions de gaz à effet de serre	
Part des sources	Production d'électricité	Par rapport à 2013	MtCO ₂ (par rapport à 2013)
Pétrole : 32 %	Pétrole : 3 %	Total GES : -26,0 %	Total CO ₂ attribuable
Charbon : 25 %	Charbon : 26 %	- CO ₂ attribuable	à la production d'énergie :
Gaz naturel : 18 %	Gaz naturel : 27 %	à la production	927 (-308)
Nucléaire : 11-10 %	Nucléaire : 22-20 %	d'énergie : -21,9 %	- Industrie : 401 (-29)
Énergies renouvelables : 13-14 %	Énergies renouvelables : 22-24 %	- Autres GES : -1,5 %	- Commerce : 168 (-111)
		- Puits de carbone : -2,6 %	- Résidentiel : 122 (-79)
			- Transport : 163 (-62)
			- Transformation : 73 (-28)

Remarques : les secteurs de l'industrie et de la transformation d'énergie englobent des sous-secteurs importants dont les engagements individuels ne sont pas officiellement inclus ici. Par exemple, les engagements de réduction d'émissions par sous-secteurs sont les suivants : sidérurgie – 9 MtCO₂ par rapport aux données de référence; chimie – 2 MtCO₂ par rapport aux données de référence; papier – 2,86 MtCO₂ par rapport aux données de référence; ciment – amélioration de l'intensité énergétique de 49 MJ/tonne de ciment par rapport à 2010. Il s'agit d'engagements volontaires pris dans le cadre de la « Résolution pour une société à faible émission de carbone » adoptée par la Fédération des organisations économiques japonaises (*Keidanren*).

Source : document soumis au comité du gouvernement chargé de la INDC, 30 avril 2015.

En vue de préparer l'INDC, des discussions (ouvertes au public) ont eu lieu lors de la réunion conjointe d'experts du Central Environment Council et de l'Industrial Structure Council, à la suite de quoi le gouvernement a proposé, lors de la session de fin avril 2015, un bouquet énergétique détaillé et un projet d'INDC pour 2030 (tableau 8.1.). L'objectif en termes d'émissions de GES pour 2030 est une réduction de 26 % par rapport à 2013 (soit une réduction de 25 % par rapport à 2005). L'objectif définitif de réduction pour l'INDC a été décidé à l'été 2015. D'après nos analyses, conduites selon le modèle DNE21+ du RITE², le coût marginal de la réduction envisagée de 26 % des émissions est d'environ 380 dollars par tCO₂, tandis que celui de l'UE pour 2030 et des États-Unis pour 2025 sont respectivement de l'ordre de 166 dollars par tCO₂ et 60-69 dollars par tCO₂. On estime que le niveau élevé des coûts de réduction au Japon est dû aux quantités importantes d'économies d'énergie requises pour atteindre l'objectif cible, dans un contexte déjà caractérisé par une excellente efficacité énergétique généralisée (Oda *et al.*, 2012). L'objectif du Japon en termes de réduction des émissions est très ambitieux et sera donc extrêmement difficile à réaliser³ (pour

2. Le modèle DNE21+ est un modèle d'évaluation de l'atténuation du changement climatique qui couvre le monde entier, partagé en 54 régions, et qui prend en compte plus de 300 technologies selon une approche *bottom-up* (Akimoto *et al.*, 2010).

3. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer: *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

de plus amples informations sur la comparaison des efforts de réduction des émissions annoncés par les différents pays, voir Aldy et Pizer, 2015).

3. L'importance de tenir compte des contextes : la théorie et la pratique

Nous affirmons qu'aucune politique ne saurait être efficace et réalisable sans prendre en compte la diversité des pays en termes de contexte, de valeurs et de culture. Poursuivre un idéal ne produit pas toujours les résultats escomptés. Nous soulignons également l'importance de trouver un équilibre entre la lutte contre le changement climatique et la satisfaction des besoins humains élémentaires.

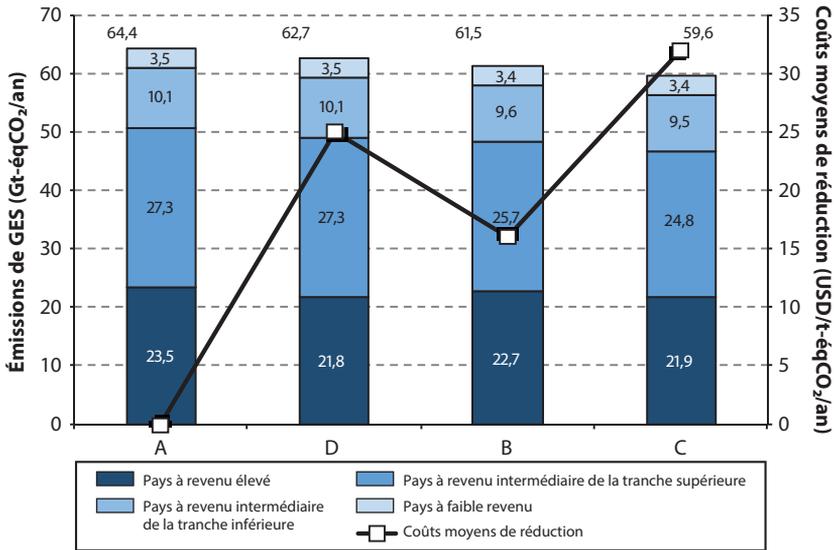
3.1. Analyse des restrictions imposées au financement des nouvelles centrales à charbon

En juin 2013, le président Obama a appelé à l'arrêt du financement public par les États-Unis de nouvelles centrales à charbon construites à l'étranger et émettant plus de 500 gCO₂/kWh (Maison-Blanche, 2013). Cela revenait *de facto* à interdire le financement public de n'importe quelle nouvelle centrale à charbon ne faisant pas appel à la technologie de captage et stockage du CO₂ (CSC), à l'exception des pays les moins avancés. Plusieurs pays européens et institutions internationales, dont la Banque mondiale, ont emboîté le pas. Les États-Unis, en association avec le Royaume-Uni et les Pays-Bas, ont proposé à l'OCDE le même type de restrictions pour les nouvelles centrales à charbon (Maison-Blanche, 2014). L'objectif est de réduire les émissions mondiales de CO₂. Cette mesure sera en cela très efficace si elle fonctionne bien et si la réduction des émissions dans les pays en développement passe avant la possibilité de s'éclairer. Comme ce ne sera pas le cas dans ces pays, il nous faut trouver un scénario alternatif.

Nagashima *et al.* (2015), à l'aide du modèle DNE21+ (Akimoto *et al.*, 2010), font la lumière sur l'efficacité de cette mesure. Les auteurs ont comparé quatre scénarios en axant leur réflexion sur les émissions de GES et les coûts moyens de réduction (voir la description des scénarios dans la figure 8.1.). Dans le scénario A, aucune interdiction n'est imposée (toute nouvelle centrale à charbon peut bénéficier d'un financement public). Dans le scénario B, seules les nouvelles centrales à charbon à haut rendement, telles que les centrales ultrasupercritiques (USC) ou à cycle combiné à gazéification intégrée (IGCC), peuvent y prétendre. Le scénario C correspond à l'adoption de la mesure proposée (toutes les nouvelles centrales à charbon ne faisant pas appel à la technologie CSC sont exclues du financement public). Quant au scénario D, il se fonde sur l'hypothèse que l'interdiction imposée par les pays développés n'aura aucun effet dans les pays en développement, étant donné que les pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure (par exemple la Chine) et quelques-uns des pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure (par exemple l'Inde)

peuvent financer eux-mêmes leurs nouvelles centrales à charbon ainsi que celles d'autres pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure et de pays à faible revenu.

Figure 8.1. Émissions de GES et coûts moyens de réduction en 2030 pour les centrales à charbon selon différents scénarios



Remarques : la classification des pays est conforme à celle de la Banque mondiale, selon laquelle la Chine fait partie des pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure et l'Inde des pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure. Les scénarios sont classés par ordre décroissant d'émissions de GES.

Scénario A : toute nouvelle centrale à charbon peut bénéficier d'un financement public (*statu quo*) ;

Scénario B : seules les nouvelles centrales à charbon à haut rendement peuvent prétendre au financement public ;

Scénario C : seules les nouvelles centrales à charbon faisant appel à la technologie CSC ont droit au financement public ;

Scénario D : l'interdiction *de facto* imposée par les pays développés (le scénario C) n'a aucun effet sur la construction de nouvelles centrales à charbon dans les pays en développement.

Dans le scénario D, nous prenons pour hypothèse que les pays développés ne construiront que des centrales à charbon faisant appel à la technologie CSC, même si des possibilités d'autofinancement existent. Par conséquent, la réduction de 1,7 Gt-éqCO₂ réalisée dans ce scénario par rapport au scénario A (*statu quo*) est uniquement due aux pays à revenu élevé.

Source : Nagashima *et al.* (2015).

La figure 8.1. indique les émissions mondiales de GES en 2030 selon les différents scénarios, classés par ordre décroissant et par groupe de revenu, complétées par le coût moyen de réduction correspondant calculé par rapport au *statu quo* (scénario A). Il apparaît clairement que les émissions mondiales sont les plus faibles dans le scénario C, suivies par les scénarios B, D et A. De ce point de vue, l'interdiction *de facto* du financement public décidée par les pays développés est, de tous les cas de figure envisagés ici, la politique idéale pour

réduire les émissions mondiales. Dans le scénario C, les émissions en 2030 s'élèvent à 4,8 Gt-éqCO₂ (un chiffre 3,2 fois plus élevé que les émissions du Japon en 2013), soit moins que dans le scénario A. Le scénario C est toutefois le plus coûteux.

Ce qui compte vraiment, c'est de savoir si le scénario C est réaliste ou non ; en d'autres termes, sera-t-il mis en œuvre en l'état ? Il faut se rappeler que le maintien de la croissance économique et la possibilité de s'éclairer sont des besoins fondamentaux, particulièrement dans les pays en développement. Yang et Cui (2012) estiment que les trois quarts des nouvelles centrales à charbon seront construites en Chine et en Inde. Il est possible que ces deux pays soient en mesure d'autofinancer ces projets s'ils le souhaitent, voire, pour ce qui est de la Chine, de financer la construction de centrales à charbon dans d'autres pays en développement. Dans ce cas-là, il est envisageable que des centrales à charbon moins coûteuses et présentant un rendement moyen ou faible soient construites afin de garantir la stabilité de la production d'électricité, à moins que la Banque asiatique d'investissement pour les infrastructures, dirigée par la Chine, ne s'aligne sur la politique des pays développés en matière de financement public, ce qui semble peu probable. Par conséquent, l'application de l'interdiction *de facto* pourrait se solder par le scénario D. Dans pareil cas, tant du point de vue de la réduction d'émissions que des coûts moyens induits, le scénario B, qui autorise le financement public des centrales à charbon à haut rendement, est plus judicieux que le scénario D.

Cette analyse révèle que chaque pays ou région possède ses propres priorités, et que la mise en œuvre d'une politique idéale du point de vue des pays développés n'est peut-être pas la meilleure façon d'atteindre l'objectif initial, sans parler de la question de l'équité soulignée par Collier⁴ dans sa contribution au présent ouvrage.

3.2. L'expérience japonaise de l'initiative volontaire pour lutter contre le changement climatique

Contrairement aux autres grandes économies, le Japon a fait appel à l'initiative volontaire pour réaliser les engagements pris dans le cadre du protocole de Kyoto pour ce qui est des émissions attribuables aux secteurs de l'énergie et de l'industrie. L'initiative (appelée Plan d'action volontaire Keidanren), à laquelle ont participé 61 secteurs, ne prévoyait aucun dispositif de sanction et ne constituait par ailleurs en aucune façon un « accord » entre le gouvernement et l'industrie. Il s'agissait d'un engagement unilatéral pris par cette dernière dans son ensemble, au titre duquel elle s'efforcera entre 2008 et 2012 de ramener au niveau de 1990 ses émissions moyennes annuelles, chaque secteur ayant son propre objectif. Cette initiative a constitué l'une des mesures fondamentales du plan national de réalisation des objectifs de Kyoto. Au total, la moyenne

4. Voir le chapitre 29 de ce volume par P. Collier : *Réduire les émissions de carbone sans freiner le développement*.

des émissions pour la période a été inférieure de 12,1 % (9,5 % sans les crédits) à celle de 1990. Pour autant, cela n'implique pas que l'initiative ait été efficace du point de vue environnemental, car une grande variété de facteurs exerce une incidence sur les émissions et nous ignorons le niveau qu'elles auraient atteint sans cette mesure.

Tokushige *et al.* (2015) ont analysé les émissions des principaux secteurs et ont remarqué que chaque secteur avait déployé de vigoureux efforts pour atteindre son objectif. Bien que l'intensité énergétique ait augmenté dans beaucoup de secteurs, quelques-uns n'ont pas bénéficié de cette amélioration ou ont vu leurs émissions s'accroître. Toutefois, même dans ce dernier cas, les auteurs ont constaté que le phénomène était dû aux fluctuations de l'activité économique qui l'avaient emporté sur leurs efforts. En ce sens, l'initiative volontaire menée au Japon a été efficace sur le plan environnemental, voire rentable (voir aussi GIEC, 2014 et Purvis, 2009). Aucun autre pays de poids n'a fait appel à un accord volontaire comme mesure fondamentale de lutte contre le changement climatique à l'usage de l'industrie. En Europe les premiers accords de ce type (par exemple l'accord volontaire de l'industrie allemande en 1995 et le Climate Change Agreement au Royaume-Uni en 2000) n'ont pas produit les résultats attendus, principalement en raison d'un manque de communication entre l'industrie et les autorités (Yamaguchi, 2012)⁵.

Pour quelles raisons l'initiative volontaire, dépourvue de sanction légale, a-t-elle fonctionné au Japon ? Il y en a plusieurs : le partage d'informations entre l'industrie et les autorités (élément clé pour déterminer si les cibles sont motivantes ou non) ; l'examen régulier de la conformité par des comités gouvernementaux ; l'efficacité particulière au sein de la société japonaise de la pratique consistant à montrer du doigt et dénoncer publiquement les fautifs ; une volonté affirmée de se passer de l'intervention du gouvernement ; et une aversion de l'industrie envers les mesures d'incitation économique (Yamaguchi, 2012 ; GIEC, 2014)⁶. Il se trouve d'ailleurs que l'implication volontaire de l'industrie sera de nouveau un des principaux instruments de la mise en œuvre de la INDC japonaise.

L'expérience ci-dessus montre que les décideurs doivent, lors de la planification de leurs stratégies d'intervention nationales, prendre en compte les particularités politiques, économiques, culturelles et traditionnelles de leur

5. Considérons par exemple le Climate Change Agreement initié en 2000. Au total, 44 secteurs ont accepté, dans le cadre d'un accord avec le gouvernement, des objectifs « motivants » pour 2010. En 2002, soit deux ans seulement après le lancement du projet, 13 secteurs avaient déjà atteint leur cible pour 2010. Si le gouvernement avait connu les véritables niveaux d'émission de chaque secteur, cela ne se serait peut-être jamais produit. Signalons également la forte diminution du prix du carbone dans le système communautaire d'échange de quotas d'émission (EU ETS) lorsque les chiffres réels relatifs aux émissions ont été publiés.

6. La plupart des grands groupes industriels estiment que les mesures en faveur de la recherche et du développement (R&D) et de l'investissement à long terme sont la clé pour lutter contre le changement climatique, et qu'elles pourraient pâtir de l'achat de permis ou du paiement de taxes visant au respect des engagements. Ces méthodes peuvent en effet être plus abordables et donc plus tentantes. Tout est une question de comparaison, mais les principaux dirigeants industriels japonais attachent généralement plus d'importance au long terme qu'au court terme.

pays afin d'en garantir le succès. Pareillement, ils doivent accepter l'existence d'autres systèmes de valeurs lorsqu'ils évaluent les politiques hors de leurs frontières. La meilleure politique sur le plan théorique ne produit pas nécessairement le meilleur résultat.

4. La contribution du Japon dans la lutte contre le changement climatique : le programme « *Action for cool earth* » en faveur du développement des technologies et de leur diffusion

Afin de stabiliser les températures, à quelque niveau que ce soit, nous devons supprimer pratiquement toutes les émissions à long terme. D'après le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5), pour limiter la concentration de GES à 430–530 ppm eqCO_2 , ce qui équivaut à une augmentation de l'ordre de 2 °C d'ici 2100, les coûts marginaux de réduction seront de 1 000–3 000 dollars par tCO_2 en 2100 (GIEC, 2014, figure 6.21). Ces montants élevés peuvent indiquer que l'objectif visé sera extrêmement onéreux, à moins que des technologies innovantes, inconnues à ce jour, ne soient découvertes et que des changements révolutionnaires ne se produisent au sein de la société.

Conscient de cette réalité, le gouvernement japonais a lancé le programme « Action for Cool Earth » qui est axé, sans s'y limiter, sur l'innovation et la diffusion de technologies respectueuses du climat. Dans le droit fil de l'accent mis sur l'innovation technologique, le Premier ministre Shinzo Abe a lancé en 2014 l'« Innovation for Cool Earth Forum » (ICEF). Ce forum a tenu sa première conférence internationale à Tokyo en 2014 et reconduira l'événement chaque année dans cette ville⁷.

Pour ce qui est de la diffusion de technologies de pointe à haut rendement énergétique, le Japon défend depuis plusieurs années une approche *bottom-up* dite sectorielle. Dans la transformation d'énergie et les industries à forte intensité énergétique du Japon, de nombreux secteurs ont atteint une excellente efficacité énergétique (Oda *et al.*, 2012). Ces réussites permettront une amélioration généralisée de l'efficacité énergétique dans d'autres secteurs grâce à une coopération sectorielle aux niveaux mondial et régional. Par exemple, la diffusion dans le monde entier de technologies à haut rendement énergétique peut permettre des réductions des émissions mondiales de l'ordre de 2,1 GtCO_2 , 0,43 GtCO_2 et 0,18 GtCO_2 respectivement pour l'électricité, la sidérurgie et le ciment (Akimoto, 2012). Il est cependant possible que les différences notables de coût marginal de réduction d'un pays à l'autre freinent les réductions d'émissions, car elles entraîneraient une délocalisation industrielle depuis le Japon vers d'autres pays, contribuant ainsi à augmenter les émissions. À cet égard aussi, il est important que les efforts de réduction se partagent de façon

7. Voir www.icef-forum.org/

équitable entre les participants (voir Aldy et Pizer⁸). L'approche sectorielle se concentre sur les activités permettant de réelles économies d'énergie et une réduction tangible des émissions, secteur par secteur. Cette façon de procéder est également essentielle pour déterminer l'INDC de chaque pays. Elle diffère cependant du mécanisme sectoriel d'attribution de crédits, car ces activités n'ont pas pour objectif l'acquisition de crédits. Le Partenariat Asie-Pacifique (APP), l'une des premières plateformes ayant encouragé le développement des partenariats sectoriels public/privé, avait pour vocation le partage des bonnes pratiques existant dans des secteurs cibles à haute intensité énergétique (sidérurgie, ciment, etc.) entre sept pays, dont la Chine, les États-Unis, l'Inde et le Japon (Okazaki et Yamaguchi, 2011). Le Global Superior Energy Performance Partnership (GSEP) a désormais pris le relais pour de nombreuses activités de l'APP. Il s'efforce d'accélérer les améliorations en matière d'efficacité énergétique dans l'industrie et la construction. Les secteurs du transport maritime et aérien, avec l'Organisation maritime internationale et l'Organisation de l'aviation civile internationale, constituent d'autres exemples de l'approche sectorielle mondiale (Yamaguchi, 2012). Le cadre établi par la CCNUCC joue un rôle important parce qu'il englobe pour ainsi dire tous les pays du monde, mais l'adoption de cadres multiples faisant appel à une approche *bottom-up* appliquée à des secteurs spécifiques contribuera à une plus grande efficacité des mesures de réduction des émissions.

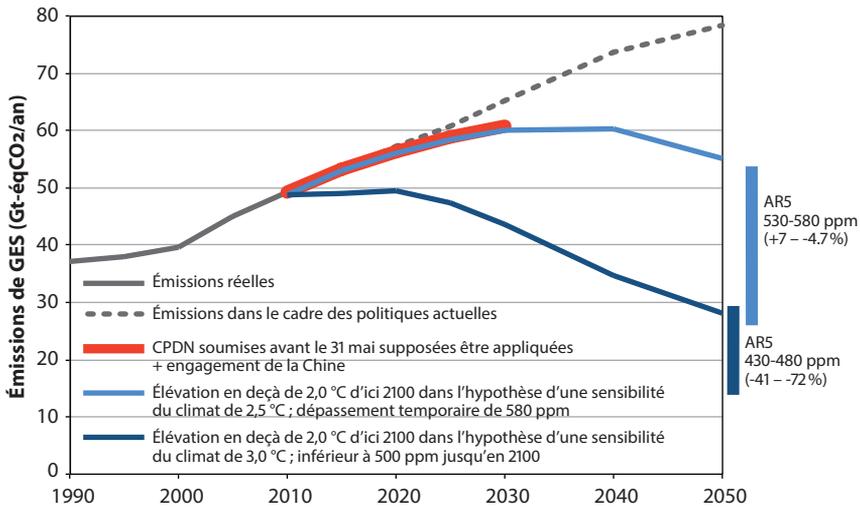
5. Ce que proposent les experts japonais : redéfinir la sensibilité du climat

Comme l'expose le chapitre 1, l'atteinte de l'objectif cible des 2 °C semble extrêmement difficile, voire impossible, car elle exige de réduire les niveaux actuels d'émission de 40 à 70 % d'ici 2050 (GIEC, 2014). L'accord de Paris, qui repose sur l'engagement de chaque pays (dont les États-Unis, la Chine, les membres de l'UE, le Japon), ne pourra jamais suffire.

Notons toutefois que certaines données attestent implicitement (Rogelj *et al.*, 2012; GIEC, 2014; Schaeffer *et al.*, 2015) que la réduction de 40 à 70 % suggérée dans le RE5 se fondait sur l'hypothèse considérant 3 °C comme la valeur prévisionnelle ou médiane la plus plausible de la sensibilité du climat (la même valeur que dans le RE4), même si la fourchette probable de sensibilité du climat a été ramenée à 1,5–4,5 °C dans le RE5 (contre 2–4,5 °C dans le RE4) et que les experts n'ont pas pu s'entendre sur l'estimation la plus réaliste dans le RE5 (3 °C dans le RE4). Pourtant, des études empiriques récentes sur le changement climatique laissent entrevoir un niveau plus faible de la sensibilité du climat et des estimations (GIEC, 2013; Otto *et al.*, 2013; Lewis et Curry, 2014).

8. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer: *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

Figure 8.2. Cohérence des INDC de chaque pays et courbes d'évolution jusqu'à la cible de 2 °C.



Remarques : la figure représente une estimation des profils d'évolution des émissions jusqu'en 2050, calculée à l'aide du modèle DNE21+ (un modèle d'envergure mondiale, divisé en 54 régions et pays ventilés, qui recherche des mesures de réduction des émissions rentables) conjugué au modèle climatique MAGICC.

La ligne en tirets noirs représente le profil d'évolution des émissions dans le cadre des politiques actuelles. La ligne bleu clair représente le profil d'évolution qui permettrait de limiter l'élévation de la température en deçà de 2 °C au cours du 21^e siècle dans l'hypothèse d'une sensibilité du climat de 2,5 °C, ce qui correspond au scénario d'un dépassement léger et temporaire de concentration de 580 ppm éqCO₂. La température devrait se stabiliser en deçà de 2 °C à long terme.

La ligne bleu foncé représente le profil d'évolution des émissions qui permettrait de limiter l'élévation de la température en deçà de 2 °C au cours du 21^e siècle dans l'hypothèse d'une sensibilité du climat de 3 °C, ce qui correspond au scénario dans lequel la concentration reste inférieure à de 500 ppm éqCO₂ jusqu'en 2100. La température devrait se stabiliser en deçà de 2 °C même dans le cas d'une sensibilité du climat de 3 °C. La ligne en pointillés noirs représente l'évolution des émissions jusqu'en 2030 dans l'hypothèse où les INDC de chaque pays connus à la fin du mois de juin (Canada, Chine, Corée du Sud, États-Unis, Japon, Mexique, Norvège, Russie, Suisse et UE) seront appliqués.

Dans tous les scénarios, nous avons considéré que les émissions de la Chine en 2030 s'élèveront à 16,7 Gt-éqCO₂ sur la base d'un ratio d'amélioration CO₂/PIB de 65 % et d'une croissance annuelle du PIB de 6,2 %. L'engagement des États-Unis se limite à l'année 2025 et se compose de deux cibles, à savoir 26 % et 28 % de réduction des émissions par rapport à 2005. Nous considérons ici que la réduction de 28 % sera réalisée en 2025, suivie d'une réduction de 80 % en 2050, selon une interpolation linéaire.

Source : Research Institute of Innovative Technology for the Earth.

Que se passe-t-il si l'estimation la plus crédible est inférieure à 3 °C ? D'après nos résultats, établis à l'aide du modèle DNE21+ du RITE et du modèle simple de changement climatique MACICC (Model for the Assessment of Greenhouse Gas Induced Climate Change, Modèle pour l'évaluation des impacts des gaz à effet de serre sur le changement du climat), une fois l'estimation la plus plausible choisie (par exemple 2,5 °C), la cible des 2 °C est à la portée d'un accord (se reporter à la figure 8.2.), qui devient ainsi atteignable. Nous

proposons donc de redéfinir la sensibilité du climat et son estimation la plus plausible afin de réduire le degré d'incertitude dans les décisions prises par les dirigeants mondiaux. Nous sommes également d'avis qu'il convient de dissocier la cible des 2 °C et l'objectif de 40-70 % de réduction. Le maintien de la cible des 2 °C et de la réduction de 40-70 % des émissions mondiales pour 2050 sur la base d'une sensibilité du climat de 3 °C déboucherait sur un objectif ambitieux mais fragile, qui pourrait ne pas être réalisé. Nous avons besoin d'un objectif modeste mais sûr, qui serait une alternative à un objectif ambitieux et sûr. À cette fin, les innovations technologiques et leur diffusion constituent la meilleure solution. C'est dans ce contexte qu'est né l'ICEF.

Références

- AKIMOTO K., SANO F., HOMMA T., ODA J., NAGASHIMA M. et KII M., 2010, « Estimates of GHG emission reduction potential by country, sector, and cost », *Energy Policy* 38, p. 3384-3393.
- AKIMOTO K., 2012, « Potential for Energy Efficiency Improvement and Barriers » in Yamaguchi M., (éd.), *Climate Change Mitigation, A Balanced Approach to Climate Change*, Londres, Springer, p. 161-177.
- GIEC, 2013, « *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* » (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage)
- GIEC, 2014a, « *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* » (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- LEWIS N. et CURRY J. A., 2014, « The implications for climate sensitivity of AR5 forcing and heat uptake estimates », *Climate Dynamics* 45 (3-4), p. 1009-1023.
- Maison-Blanche, juin 2013, « The President's Climate Action Plan », Executive Office of the President, Washington DC <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf>
- Maison-Blanche, juin 2014, « President Obama's Climate Action Plan – Progress Report », Executive Office of the President, Washington DC https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/cap_progress_report_update_062514_final.pdf
- NAGASHIMA M., HONMA T., SANO F., AKIMOTO K., ODA J., TOMODA T. et WADA K., 2015, « Assessment of US restrictions on public financing for new coal-fired power plants overseas and proposed regulation », *Proceedings of the 31st Conference on Energy, Economy, and Environment*, Osaka, Japan Society of Energy and Resources, p. 595-598.
- ODA J., AKIMOTO K., TOMODA T., NAGASHIMA M., WADA K. et SANO F., 2012, « International comparison of energy efficiency in power, steel and cement industries », *Energy Policy* 44, p. 118-129.
- OKAZAKI T. et YAMAGUCHI M., 2011, « Accelerating the transfer and diffusion of energy saving technologies, steel sector experience – Lessons Learned », *Energy Policy* 39, p. 1296-1304.

-
- OMC, 2015, « Trade Profiles », Washington DC (disponible en anglais à l'adresse : <http://stat.wto.org/CountryProfile/WSDBCountryPFReporter.aspx?Language=E>, consulté le 19 avril 2015).
 - OTTO A., OTTO F. E. L., BOUCHER O., CHURCH J., HEGERL G., FORSTER P. M., GILLET N. P., GREGORY J., JOHNSON G. C., KNUTTI R., LEWIS N., LOHMANN U., MAROTZKE J., MYHRE G., SHINDELL D., STEVENS B. et ALLEN M. R., 2013, « Energy budget constraints on climate response », *Nature Geoscience* 6, p. 415-416.
 - PURVIS N., 2009, « Blueprint for a transatlantic climate partnership », Climate & Energy Paper Series 09, The German Marshall Fund of the United States.
 - ROGELJ J., MEINSHAUSEN M. et KNUTTI R., 2012, « Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates », *Nature Climate Change* 2, p. 248-253.
 - SCHAEFFER M., GOHARC L., KRIEGLERD E., LOWEC J., RIAHIE K. et VAN VUUREN D., 2015, « Mid- and long-term climate projections for fragmented and delayed-action scenarios », *Technological Forecasting and Social Change* 90, p. 257-268.
 - TOKUSHIGE K., AKIMOTO K., ODA J. et HOMMA T., 2015, « Analysis on Emission Reduction Efforts of GHG Emissions in Japan for the First Commitment Period of the Kyoto Protocol », *Journal of Japan Society of Energy and Resources* 36 (2). http://jser.gr.jp/journal/journal_pdf/2015/journal201503_1.pdf
 - YAMAGUCHI M., 2012, « Policies and Measures », in Yamaguchi M., (éd.), *Climate Change Mitigation, A Balanced Approach to Climate Change*, Londres, Springer, p. 129-159.
 - YANG A. et CUI Y., 2012, « Global coal risk assessment: Data analysis and market research », document de travail du World Resources Institute, Washington DC (disponible en anglais à l'adresse : http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2013/06/global_coal_risk_assessment.pdf

Chapitre 9

La situation vue de l'Europe

Roger Guesnerie

Dans le cadre des dispositions figurant dans le Protocole de Kyoto, l'Union européenne était globalement engagée à réduire ses émissions de 8% en 2012 par rapport à 1990. Après une redéfinition des objectifs des États membres, négociée pour devenir juridiquement contraignante, une politique commune s'est mise en place.

Ce chapitre présente les actions climatiques menées en Europe, en réponse au protocole de Kyoto organisé autour de la création des Emission Trading Scheme (EU ETS). Cette discussion souligne les problèmes rencontrés par les marchés carbone nouvellement créés ainsi que leurs résultats décevants. Ce chapitre rappelle ensuite le contexte politique et légal du choix initial européen pour un marché limité à l'industrie et présente brièvement le débat intellectuel sur les mérites relatifs d'un « marché carbone » et d'une « taxe carbone » comme politique climatique régionale. Il évoque ensuite les solutions prenant en compte uniquement les considérations économiques, une sorte de « super-Kyoto » dont la mise en œuvre requerrait l'action d'un puissant planificateur mondial bien veillant. Avec un objectif utilitariste, une telle solution irait de pair avec une forte réallocation des quotas nationaux. Cette « grande rivière » idéale est malheureusement utopique. Ce chapitre s'interroge donc sur quels « petits ruisseaux » et quelles « petites rivières » pourraient s'y substituer pour voir émerger des associations climatiques ?

1. La politique climatique de l'union européenne : quelques coups de projecteurs

Cette politique a plusieurs volets. D'une part des directives, mettant en avant l'horizon 2020, ont proposé des objectifs touchant à la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique, 20% en l'occurrence, et à l'amélioration de l'efficacité énergétique. D'autre part, et c'est l'innovation la plus spectaculaire, a été mis en place un marché de permis d'émissions, appelé Schéma Communautaire d'Échanges de Quotas d'Émissions, SCEQE, en français, et aujourd'hui principalement associé au sigle anglais EU ETS, European Union Emission Trading Scheme. Ce marché de permis concerne 11 000 sites industriels et énergétiques, répartis dans 27 États. Il couvre environ 50% des émis-

sions de CO₂ de l'Union¹ et constitue le dispositif le plus large au monde de crédits carbone.

1.1. L'EU UTS : histoire et devenir

Après une phase pilote d'expérimentation, (phase 1) lancée en 2005, le dispositif est entré en vigueur, c'est la phase 2, dans le cadre 2008-2012 du Protocole de Kyoto. Un quota global est réparti entre États, qui allouent leurs quotas nationaux selon des critères communs qui font dépendre la décision des émissions passées et des caractéristiques sectorielles des installations.

En phase 2, les quotas pour l'essentiel ont été attribués gratuitement, une faible partie, 5% en 2012, étant mise aux enchères. Last but not least, les entreprises concernées peuvent aussi solliciter des crédits carbone issus de mécanismes de projet du Protocole de Kyoto (comme par exemple des MDP ou mécanismes de développement propre).

La troisième phase², qui va de 2013 à 2020, introduit ou va introduire une série de modifications, dont on peut esquisser les grandes lignes. D'abord, il y aura une forte extension de la mise aux enchères, mais en principe modulée selon les secteurs en fonction de leur exposition au risque de « fuites de carbone ». Ensuite le quota global au niveau européen serait réduit linéairement chaque année. Enfin, les quotas pourraient être mis en réserve ou au contraire retirés, selon les évolutions constatées, en particulier celles de la conjoncture.

Voici un tableau rapide du dispositif et de ses évolutions programmées, lesquelles tiennent compte d'une expérience qui a été, à tout le moins, décevante. L'évolution des prix sur le marché est à cet égard éclairante. Le prix après avoir atteint 30€ la tonne de CO₂ en début de phase préliminaire, devait comme il allait de soi, revenir à zéro en fin de la phase. L'évolution en phase 2 est, elle, plus significative. Parti de 15€ la tonne de CO₂ au début de la phase 2, le prix a commencé à s'effondrer à partir de Mars 2011, tombant alors souvent en-dessous de 5€ la tonne. Rien de surprenant si l'on confronte la masse de permis, en million de tonnes (MT), détenue en 2012 par les entreprises, 2049 MT d'allocations gratuites, environ 100 mis aux enchères, auxquels il faut ajouter les crédits Kyoto (près de 500), qui excèdent largement les émissions vérifiées (1867 MT)³. C'est donc pour l'essentiel la possibilité de transferts de permis entre périodes qui soutient un prix positif. Bien entendu, on peut y voir ce qu'il faut bien appeler un échec sévère du marché de permis : l'effet incitatif d'un prix du CO₂ à 4€ la tonne, pour la mise en place de mesures significatives de « décarbonation », est voisin de zéro. De fait, les études existantes suggèrent que la baisse des émissions de CO₂ dans le périmètre EU ETS (-12% sur la période 2008-2012) s'expliquerait d'une part, à hauteur de 30 %, par le contexte

1. Et 40% de ses émissions de gaz à effet de serre.

2. Qui s'inscrit dans une perspective de réduction des émissions de 20% à l'horizon.

3. Source : CdC, Climat recherche, Point Climat, voir bibliographie. Par ailleurs l'écart s'est accentué depuis 2008, et serait égal à 1742 MT sur la période.

économique après-crise⁴, d'autre part, (50 à 60%) par les effets positifs de la montée des énergies renouvelables et des progrès de l'efficacité énergétique. Comment expliquer cette contre-performance? Tout d'abord on peut s'interroger sur certains aspects de la conception dudit marché, ici la connexion établie avec les mécanismes de projet du Protocole de Kyoto. La connexion, sans doute déjà problématique dans la mécanique Kyoto initiale (qui voyait s'établir un marché de permis entre États), devient encore plus contestable dans le système qui de fait en a résulté. Le contrôle du volume total des permis mis en circulation, une clé de la logique fondatrice du marché de permis si l'on en croit les manuels, devient plus aléatoire. Ceci n'est que partie de l'histoire : ajoutons bien sûr une allocation de permis trop généreuse et insensible à la conjoncture, et ce, pour ne pas parler des incertitudes sur l'avenir des quantités allouées à plus long terme, qui se déclinent en incertitudes plus fortes encore sur les prix.

Les modifications apportées en phase 3, qui ont été brièvement présentées, tentent d'apporter une réponse à ces difficultés, mais sans susciter nécessairement l'optimisme. C'est que les problèmes de gouvernance d'un marché complexe mais limité à une partie des émetteurs sont moins faciles à gérer qu'il n'y paraît, et ce malgré la mise en place d'une machine administrative extrêmement lourde, et aussi, il est inutile de la cacher, particulièrement opaque pour l'observateur extérieur⁵.

1.2. Pourquoi le marché de permis? Une parenthèse sur la genèse

À vrai dire, l'expérience invite à revenir sur le choix qui a été fait d'un marché de permis.

Pourquoi un marché de permis plutôt qu'une taxe carbone? La question est ici posée au niveau d'un pays ou d'un groupe de pays liés. L'analyse ne préjuge pas des mérites comparés du marché et de la taxe au niveau mondial, une question largement indépendante, sur laquelle je reviendrai tout à l'heure.

Une taxe carbone, a et aurait eu au niveau de l'Europe, des mérites évidents. Tout d'abord, elle concerne tous les acteurs, ménages et entreprises. Son montant et son évolution dans le temps peuvent être annoncés, avec une crédibilité qui reflète la crédibilité, supposée bonne, de l'instance qui la met en place. Last but not least, la formule serait garante d'une forme d'égalisation entre pays de l'effort consenti, un point quelque peu aveugle de la politique actuelle⁶, que laissent dans l'ombre tant les modalités de répartition nationale des permis, que la variabilité des politiques nationales venant en complément.

Le marché, compte tenu de la gratuité de tous ou d'une large partie des quotas, a et a eu la faveur des entreprises, et il est vrai qu'un système de seuils d'exemptions différenciés dans le cadre d'une taxe carbone, qui pourrait mimer les effets sur les profits des entreprises de la gratuité, partielle ou totale,

4. Voir opus cité, note précédente 3.

5. Exemple parmi d'autres de cette opacité, l'allocation des quotas entre installations et entre pays.

6. Et qui fait l'objet, pour ne pas dire plus, d'un faible effort de communication.

des quotas, est difficile à mettre en place. Un point pour le marché, même si la gratuité initiale totale des quotas va bien au-delà de ce que suggère l'expertise économique⁷.

Notons aussi, que toutes choses égales par ailleurs et en particulier à valeur égale de la taxe carbone et du prix de marché des permis, les effets sur la compétitivité relative des industries sont identiques, et que dans les deux cas l'argument pour la mise en place d'un ajustement aux frontières a la même force et soulève des problèmes qui sans être identiques ne sont pas de nature différente.

Résumons : par son universalité et sa capacité apparemment supérieure à faire émerger et mieux coordonner les anticipations de prix des agents, la taxe carbone pouvait paraître la solution, et ce, en dépit de la préférence vraisemblable des entreprises. Je fais partie de ceux qui pensent qu'il en est bien ainsi et que au niveau d'une nation ou d'une région, une solution taxe carbone est supérieure à une solution marché, même si elle peut s'inscrire dans un cadre plus global de marchés à la Kyoto⁸.

La raison pour laquelle l'Europe a adopté le dispositif marché de permis, n'a cependant rien voir avec une analyse des mérites relatifs des deux solutions. Elle reflète une disposition juridique, (qui fait fi de la parenté étroite que l'analyse économique attribue au marché et à la taxe), à savoir que créer une taxe au niveau de l'Union requiert l'unanimité, quand la mise en place d'un marché peut se faire à la majorité. Le choix qui a été fait était dicté par les conditions de faisabilité juridique, mais reflète aussi indirectement la faisabilité politique. On l'a dit, le marché, dès lors que les quotas sont partiellement gratuits, fait l'objet d'une forte préférence des entreprises... et donc des lobbies industriels. Et, une taxe carbone qui touche les consommateurs suscite beaucoup plus d'hostilité dans l'opinion publique qu'un marché dont les effets sur les prix sont plus indirects, et sans doute moins sensibles en termes de redistribution. Le sort de la taxe carbone française est à cet égard éclairant, et l'on peut supposer l'existence d'une résistance assez générale à une formule de taxe carbone dans les divers États de l'Union.

Donc, si l'on suit mon argument, la création de l'EU ETS, peut être vue comme la mise en place d'une solution de « *second best* », ou plutôt de « *third best* », si l'on souligne les difficultés beaucoup plus grandes que prévues à faire fonctionner efficacement le système. Cette mise en place reflète des conditions politiques favorables au moment originel. Et la résilience du système, quand certainement nombre d'États n'ont qu'un enthousiasme modéré pour la mise en place d'une politique climatique, est à noter⁹.

7. Voir Guesnerie R., Henriet F., Nicolai J.P. (2012).

8. Voir également Cooper (2008) et Gollier et Tirole (2015).

9. Il vaut sans doute la peine de s'interroger sur les raisons de cette résilience et la part qu'y ont joué l'entregent et l'activisme de la Commission et peut être aussi l'opacité du système!

2. De la politique climatique dans le monde

2.1. L'utopie d'une grande rivière ?

Le marché ETS est ce que l'on peut appeler un « petit ruisseau » qui contribue à la lutte contre le changement climatique. Les petits ruisseaux existants ou à développer vont-ils nourrir la « grande rivière » susceptible d'alimenter une politique climatique à la mesure des enjeux ?

Il convient à ce point de revenir à ce que serait la « grande rivière » idéale, et ce en regard des exigences de l'efficacité économique mais aussi de celles d'une certaine justice distributive entre les nations participantes.

L'objectif est ici de contrôler les émissions, c'est-à-dire des quantités, et le savoir économique suggère la fixation d'une trajectoire d'émissions globales de long terme, disons 30 ans et compatible avec les analyses du GIEC visant la limitation de l'accroissement de température à deux degrés¹⁰. Pour cela, le savoir économique suggère fortement la mise en place d'un système dit de « cap and trade » : l'objectif mondial de l'année *n* prend la forme d'un quota global, décliné en quotas pour chaque participant. La formule est donc dans la ligne de celle du protocole de Kyoto, mais avec pleine participation¹¹.

Reste à définir les modalités de ce super Kyoto, en attribuant des quotas à tous les pays. Faisons-le en adoptant le point de vue d'un planificateur bienveillant et suffisamment puissant pour imposer ces quotas nationaux. Il ferait sens, dans une logique utilitariste, de fixer des quotas par tête identiques entre les pays¹² : les pays dont les émissions par tête seraient inférieures à la moyenne mondiale seraient offreurs sur le marché des permis et donc globalement bénéficiaires, quand les pays dont les émissions seraient supérieures à la moyenne mondiale seraient demandeurs sur ce marché. Mais tous verraient leurs efforts gouvernés à chaque période par le même prix mondial du carbone. Bien entendu, cette formule particulière d'égalisation des quotas par tête est discutable, mais elle exprime clairement une logique utilitariste dans la répartition des coûts de la politique climatique.

Alors que précédemment, j'avais plaidé pour la taxe carbone, la solution préconisée ici est un marché plutôt qu'une taxe carbone mondiale, laquelle aboutirait à une régulation des quantités très aléatoire, ne serait-ce qu'à cause des incertitudes relevant du « paradoxe vert ». Il n'y a pas contradiction : redisons que ce marché « super Kyoto » ferait émerger un prix du carbone dans les échanges entre États. Et ce prix servirait de référence à la taxe carbone régionale ou nationale, qui si l'on accepte l'argument exposé précédemment, pourrait, voire devrait, se greffer sur le marché mondial des permis pour prendre

10. Une trajectoire éventuellement contingente à l'arrivée progressive d'informations.

11. Voir le chapitre 20 de ce volume par R.N. Stavins : *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat* ; et le chapitre 18 de ce volume par T. Sterner et G. Köhlin : *Défis posés par la tarification du carbone*.

12. Et ce tout au long de la trajectoire. Noter que la proposition que T. Sterner et moi-même, voir bibliographie, avons faite d'avaliser aujourd'hui un objectif 2050 ambitieux en l'assortissant d'une référence à des droits d'émissions par tête égaux en 2050, n'a pas reçu un accueil encourageant.

le relai, l'accompagner au niveau régional ou national.

Notons que ce système ne fait pas disparaître tous les problèmes, loin s'en faut, et le volontarisme sur les quantités laisse ouvertes des incertitudes sur les prix du carbone : l'égalisation des prix instantanés ne détermine pas la bonne coordination souhaitable des anticipations sur le scénario futur. La raison en est bien entendu que le scénario est contingent à la vitesse d'arrivée de nouvelles technologies, mais reste aussi soumis aux aléas du « paradoxe vert », créé par les incertitudes des effets de la politique sur le marché de combustibles fossiles, et en particulier sur l'évolution de la rente qu'ils génèrent.

2.2. Petits ruisseaux...

Voici donc, avec toutes les précautions oratoires possibles, à quoi pourrait ressembler une très belle « grande rivière ». Si tout laisse à penser qu'elle relève du souhaitable, elle est clairement entièrement utopique, tant il est vrai que l'allocation de quotas égalitaires entre pays serait rejetée par les plus puissants d'entre eux. Qu'est-ce que l'évocation de cette rivière permet-elle de dire de plus sur les « petits ruisseaux » présents et à venir ?

- D'abord, pourquoi ne pas lier les petits ruisseaux existants, en l'occurrence le marché ETS avec le marché chinois en construction et un marché nord-américain modeste qui s'est mis en place entre certains états américains et le Canada, et ce pour faire non une grande rivière mais un plus gros ruisseau. Pourquoi pas, mais, même si l'on oublie la part des avatars du marché européen, des objections viennent immédiatement à l'esprit : on ne peut superposer facilement les complexités, relevant de considérations spécifiques¹³ éventuellement contradictoires ; et comment éviter le risque de nivellement par le bas des systèmes composants ?
- Autre idée, pourquoi ne pas utiliser la référence au niveau mondial d'émissions par tête non pour distribuer des quotas mais pour calibrer les financements de chaque pays, situés au-dessus de la moyenne, à tel ou tel fonds vert, vecteur d'aides appropriées aux pays pauvres ? C'est l'idée retenue par la chaire d'économie du climat de l'université Paris-Dauphine¹⁴, qui si elle était acceptée reviendrait à mettre en œuvre une sorte de taxe carbone mondiale à un taux faible. La faiblesse du taux est évidemment facteur d'acceptabilité, et dans le cas favorable peut être le début d'un engrenage vertueux, prélude à une sorte de taxe carbone mondiale¹⁵.
- Pourquoi aussi ne pas se mettre d'accord aujourd'hui sur des objectifs 2050, et des modalités de répartition¹⁶ ? Un tel accord serait peu contraignant en un sens, mais susceptible d'ancrer la discussion aujourd'hui sur une image d'un avenir lointain souhaitable.

13. Comme il en va de l'évaluation du risque de fuites en Europe. Voir le chapitre 21 de ce volume C. Fischer C. : *Options pour éviter les fuites de carbone*.

14. Voir de Perthuis et Jouvét (2015).

15. Voir le chapitre 34 de ce volume par J.C. Hourcade J.C. : *Les esprits animaux de la finance au service d'une société décarbonée*.

16. Voir la note de bas de page 11, qui renvoie à la proposition Guesnerie-Stener qui va en ce sens.

2.3. Quid des petites rivières...

Pour terminer, il faut mettre l'accent sur les limites de la multiplication des petits ruisseaux. On peut certes y voir des initiatives utiles, mais qui nous laissent vraisemblablement assez loin de la formule que le savoir économique nous suggère fortement, à savoir la promotion progressive d'un prix mondial du carbone unique.

Au-delà des petits ruisseaux coordonnés, on pourrait certes voir se profiler des petites rivières. Entrerait dans cette catégorie, la mise en place des coalitions climatiques réunissant plusieurs pays ou régions adoptant une forme de politique climatique commune. Terminons donc en évoquant les coalitions climatiques, leurs faiblesses potentielles et l'inévitabilité probable d'un lien entre le commerce et l'environnement.

Tant le coût que l'efficacité d'une politique climatique unilatérale, ou encore limitée à une ou plusieurs coalitions vertueuses, sont sujets à caution. Le coût, à cause des risques dite de fuites de carbone, risques mineurs sur la compétitivité de l'économie quand le prix du carbone au sein de la coalition vertueuse reste dans les zones atteintes dans le marché ETS, risques probablement non négligeables au-delà. L'efficacité, si, paradoxe vert et difficultés de régulation des marchés obligent, les résultats ne sont pas à la hauteur des espoirs.

Vouloir lier commerce et environnement n'est pas en soi une démarche protectionniste, même si elle peut alimenter des tentations¹⁷. Ainsi les mécanismes d'ajustements aux frontières, par ailleurs difficile à mettre convenablement en place, constituent soit une réponse légitime, soit une menace légitime et crédible, d'une coalition vertueuse faisant émerger en son sein un prix significatif du carbone. Il s'agit en l'occurrence pour la coalition de restaurer une certaine vérité des prix au sein de son espace économique. Que l'Europe n'ait pas exploré et fait état de cette possibilité dans la négociation internationale s'explique bien sûr par l'échec du marché ETS à faire émerger des prix significatifs, mais illustre aussi la faiblesse de l'UE, à dépasser ses a priori pour concrétiser son potentiel d'influence diplomatique.

La protection environnementale via le commerce est bonne pour la coalition au sens où elle accroît en principe sa stabilité. Mais, elle n'accroît aucunement l'attractivité de la dite coalition. Pour accroître l'attractivité de la coalition pour les nations qui lui sont extérieures, il faut faire entrer une dimension punitive, qui n'est pas celle des ajustements! C'est en tous cas le point défendu récemment par W. Nordhaus (2015),¹⁸ qui montre que la mise en place d'une mesure beaucoup plus brutale que l'ajustement aux frontières, à savoir une taxe indifférenciée sur les importations venant de membres extérieurs à la coalition, créerait, si cette taxe était suffisamment élevée, les conditions de stabilité d'un système de coalitions climatiques. L'argument et les simulations numé-

17. Voir Guesnerie et Stern (2012) et Melo (2013).

18. Suivant un argumentaire réminiscent de celui antérieurement présenté par Scott Barrett (1994, 1997).

riques sous-jacents à l'étude sont complexes. Mais, la sanction du « passager clandestin » fuyant la coalition vertueuse est claire, c'est une perte de recettes extérieures qui peut seulement être évitée en rejoignant la coalition : il ne s'agit pas ici de restaurer la vérité des prix dans l'espace de la coalition, comme le fait un ajustement aux frontières, mais de sanctionner, via des restrictions de commerce non liées au contenu en carbone des produits échangés, ceux qui n'entrent pas dans la coalition. Cette étude mérite méditation, en l'absence du dictateur bienveillant sollicité plus haut, l'adhésion à la politique climatique passerait par des mesures de rétorsion qui prennent effet en dehors du champ de la politique climatique. Il y a une certaine naïveté à en être surpris, même si l'on peut s'interroger sur la plausibilité de l'émergence, fût-elle nécessaire, d'une telle posture conflictuelle, dont les bénéfiques sont à long terme. Et je terminerai sur ce point qui fait passer de l'analyse économique à la « *real politik* », un sujet qui mériterait clairement une autre contribution !

Références

- BARRETT S., 1994, « Strategic Environmental Policy and International Trade » *Journal of Public Economics* 54, p. 325-338.
- BARRETT S., 1997, « The Strategy of Trade Sanctions in International Environmental Agreements » *Resource and Energy Economics* 19, p. 345-461.
- COOPER R.N., 2008, « The Case for Charges on Greenhouse Gas Emissions », *The Harvard Project on International Climate Agreements*.
- GUESNERIE R., HENRIET F. et NICOLAI J.P., 2012, « Trois questions épineuses à l'arrière-plan des politiques climatiques » *Annales d'économie et statistique*, Hors-série.
- GUESNERIE R. et STERN N., 2012, « Deux économistes face aux enjeux climatiques », *Savoirs et débats économiques*, Éditions le Pommier.
- GUESNERIE R. et STERNER T., 2009, « Big advantage of discussing 2050 » *Financial Times*, p. 9-11.
- GUESNERIE R. et STERNER T., 2009, « Fixons à 2050 la réduction de 50% des émissions de CO₂ », *Le Monde*, p. 20-11.
- GLOAGEN O. et ALBEROLA E., 2013, « Plus d'1 milliard de tonnes de CO₂ évitées depuis 2005 en Europe : 50 % du fait des politiques énergie-climat et 50 % du contexte économique », CdC, Climat recherche, Point Climat no. 32.
- GOLLIER C. et TIROLE J., 2015, « Negotiating Effective Institutions Against Climate Change », mimeo, Toulouse School of Economics.
- DE MELO J., 2013, « Le Commerce dans une stratégie de développement axée sur la "croissance verte" : problèmes et enjeux », *Revue d'économie du développement* 2, p. 25-58.
- NORDHAUS W., 2015, « Climate Clubs: Overcoming Free Riding in International Climate Policy », *American Economic Review* 105(4), p. 1-32.
- DE PERTHUIS C. et JOUVET L.A., 2015, « Les voies d'un accord climatique ambitieux en 2015 », Institut Louis Bachelier, Opinions et débats.

Chapitre 10

La situation vue des États-Unis

Matthew J. Kotchen

Les États-Unis jouent un rôle majeur dans les négociations internationales de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Première économie mondiale en termes de PIB non ajusté et principal émetteur historique de gaz à effet de serre, les États-Unis se doivent de contribuer activement à la recherche d'un régime climatique viable et efficace. Heureusement, après avoir longtemps été à la traîne, le pays fait aujourd'hui figure de leader. Ayant nettement réduit leurs émissions ces dernières années, les États-Unis promettent d'intensifier leurs efforts et encouragent maintenant ouvertement d'autres pays à faire de même.

Ce chapitre propose une vue d'ensemble des questions relatives au changement climatique, abordées du point de vue des États-Unis. Alors que d'autres chapitres traitent en détail de sujets spécifiques, l'objectif est ici d'éclairer sous plusieurs angles les progrès réalisés par les États-Unis, ainsi que les opportunités et enjeux qui se présentent au pays. Parmi ces sujets figurent l'opinion publique et les politiques nationales; les tendances en matière d'émissions et les politiques nationales; les contributions prévues déterminées au niveau national (INDC) et les ambitions correspondantes; le financement de l'action climatique; et les espoirs placés dans la conférence de Paris.

1. Opinion publique et politiques nationales

Toute étude de la situation vue des États-Unis se doit de commencer par quelques observations sur l'opinion publique américaine, représentée au Congrès par deux partis politiques (démocrate et républicain) dont les positions en la matière sont très différentes. Ces différences expliquent la dynamique actuelle que l'on observe entre les pouvoirs exécutif et législatif aux États-Unis, ainsi que les stratégies mises en place pour lutter contre le changement climatique aux niveaux national et international.

Un récent sondage montre qu'environ deux tiers des électeurs américains estiment que le réchauffement climatique est une réalité, soutiennent les lois visant à accroître la part des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, sont favorables à la limitation des émissions des centrales à charbon et pensent que les États-Unis devraient réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, quelle que soit l'attitude des autres pays (Leiserowitz *et al.*, 2014). Bien que cli-

mato-sceptiques et climato-négationnistes soient très présents dans les médias, la majorité des Américains estiment que le changement climatique est bien réel et qu'il justifie une action politique.

Le point de vue de la majorité cache cependant un profond clivage politique. Selon le même sondage, 81 % des démocrates « s'inquiètent » du réchauffement climatique, contre seulement 30 % des républicains. Quelque 69 % des démocrates estiment que le réchauffement climatique est dû aux activités humaines, tandis que 31 % seulement des républicains sont du même avis. En termes de soutien à l'action politique, 60 % des démocrates déclarent que le gouvernement fédéral devrait intervenir davantage pour protéger la population contre le réchauffement climatique, tandis que ce pourcentage atteint seulement 21 % chez les républicains. Les républicains conservateurs autoproclamés ont quant à eux une opinion bien différente : 42 % estiment que le gouvernement fédéral devrait intervenir encore moins qu'il ne le fait déjà.

Le président Obama a identifié le changement climatique comme l'une des grandes priorités de sa fin de mandat et son administration démocrate joue un rôle de premier plan dans la mise en œuvre d'une série d'initiatives nationales et internationales. Dans le même temps, le Congrès, majoritairement républicain, qui comprend le Sénat et la Chambre des représentants ne soutient pas ces initiatives et, dans de nombreux cas, cherche activement à freiner les réformes. Cette dynamique explique la manière particulière dont la politique climatique a progressé aux États-Unis, et il semble peu probable que le paysage politique évolue dans un avenir proche. Selon les derniers sondages, démocrates et républicains garderaient respectivement le contrôle de la Maison-Blanche et du Congrès.

2. Tendances en matière d'émissions et politiques nationales

Dans le cadre de la Conférence des Parties à la CCNUCC organisée à Copenhague en 2009, les États-Unis ont promis de réduire, d'ici 2020, leurs émissions de CO₂ et autres gaz à effet de serre de 17 % par rapport aux niveaux de 2005. Quels sont les progrès en la matière ?

2.1. Tendances en matière d'émissions

Les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie, qui représentent la grande majorité des émissions aux États-Unis, ont atteint leur niveau le plus bas depuis 20 ans et étaient, en 2013, inférieures de 10 % au niveau de 2005 (EIA, 2015a). De surcroît, cette diminution qui représente plus de la moitié de l'engagement pris pour 2020 a eu lieu au cours d'une période où les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie ont augmenté de 20 % à l'échelle mondiale (EIA, 2015b).

L'une des raisons de la baisse significative des émissions américaines depuis 2005 peut être attribuée à la grande récession qui a débuté avec la crise de 2008. Il s'agit du ralentissement économique le plus important depuis les

années 1930. Or, les prévisions indiquent que l'économie américaine ne retrouvera pas rapidement ces trajectoires de croissances d'avant la crise. Une estimation attribuée environ la moitié des réductions d'émissions jusqu'en 2012 à la récession (CEA, 2013). Bien qu'il contribue à la réalisation des objectifs à court terme, le ralentissement de l'activité économique ne constitue malheureusement pas une stratégie durable de réduction des émissions.

La diminution de la teneur en carbone de l'énergie, principalement due à l'augmentation de la production nationale de gaz naturel, a été un autre facteur important. L'association technologique du forage horizontal et de la fracturation hydraulique à grands volumes a nettement augmenté la quantité de gaz naturel économiquement récupérable aux États-Unis. Une grande partie de ce gaz a été utilisée pour la production d'électricité, limitant la production des centrales à charbon à plus forte intensité de carbone. Cette transition est à l'origine d'environ 28 % des réductions d'émissions que l'on observe aux États-Unis depuis 2005 (CEA, 2013). Les sources d'énergies renouvelables, autres que l'hydroélectricité, occupent également une place croissante dans la production d'électricité, 7 % aujourd'hui contre seulement 2 % en 2005 (CEA, 2015).

Le troisième facteur qui contribue à la réduction des émissions de CO₂ est l'efficacité énergétique à l'échelle nationale. L'une des mesures de cette efficacité est l'intensité énergétique qui correspond à la quantité d'énergie utilisée pour produire l'équivalent d'un dollar de PIB. Pendant des décennies, l'intensité énergétique a diminué de plus de 1,5 % par an aux États-Unis, ce qui représente environ 8 % des réductions d'émissions entre 2005 et 2012 (CEA, 2013).

Si les forces du marché et la teneur en carbone de l'énergie ont un impact majeur sur l'efficacité énergétique, les programmes publics jouent également un rôle majeur.

2.2. Politique nationale principale

En juin 2013, le président Obama a présenté son Plan d'action sur les changements climatiques. Parmi les nombreuses initiatives de ce plan figurent deux grandes politiques visant à réduire les émissions dans les secteurs du transport et de l'électricité. Le gouvernement fédéral a finalisé des normes nationales visant à multiplier par deux les économies de carburant des véhicules utilitaires légers d'ici 2025. Ces règles devraient permettre d'économiser l'équivalent d'une année complète d'émissions de CO₂ au cours de cette période. La version finale du Plan pour une énergie propre qui vient d'être dévoilée appelle à réduire les émissions de 32 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 (voir également Burtraw¹). Cet objectif impliquerait une réduction supplémentaire de 20 % par rapport à celle que l'on observe déjà depuis 2005.

La plupart des volets du Plan d'action sur les changements climatiques sont placés sous l'autorité exécutive du président et ne sont donc pas soumis

1. Voir le chapitre 17 de ce volume par D. Burtraw : *L'approche réglementaire de la politique d'atténuation climatique des États-Unis*.

à l'aval du Congrès. Si ce point a été et reste controversé sur le plan politique, la politique climatique des États-Unis va aujourd'hui plus loin que ne l'aurait souhaité le Congrès majoritairement républicain. Cette politique résistera-t-elle aux obstacles juridiques, aux changements de leadership politique ou aux deux ? Cette incertitude complique la planification relative à l'observation des obligations à venir et mine la confiance des autres pays envers les engagements climatiques des États-Unis.

Soulignons que tout ne se joue pas au niveau fédéral aux États-Unis. De nombreuses politiques climatiques sont également adoptées aux niveaux étatique, régional et local. L'exemple le plus marquant est l'objectif consistant à ramener les émissions à leur niveau de 1990 d'ici 2020, dans l'État de Californie. Au niveau régional, neuf États du nord-est du pays participent à un programme de plafonnement et d'échange des droits d'émission connu sous le nom de Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI). La Californie et les États participant au RGGI représentent à eux seuls plus de 50 % du PIB américain. En outre, de nombreux autres États et municipalités ont également mis en place des politiques et des programmes qui permettent d'obtenir de réelles réductions des émissions et qui font office de « laboratoires » pour des politiques ayant vocation à être déployées et affinées plus largement.

3. INDC des États-Unis et ambitions correspondantes

La plupart des pays soumettent et affinent leurs engagements climatiques pour l'après-2020. Ces plans sont les INDC officiels préparés en vue d'un accord de la CCNUCC. Les États-Unis ont soumis leurs engagements le 31 mars 2015.

Ils s'engagent principalement à réduire, d'ici 2025, les émissions nationales de gaz à effet de serre de 26 à 28 % par rapport aux niveaux de 2005. Le respect de cet engagement implique une réduction de 9 à 11 points de pourcentage supplémentaires par rapport à l'engagement de Copenhague pour 2020 (voir également Aldy et Pizer²). Cela représente également une baisse significative par rapport au *statu quo*, qui se traduirait par une augmentation des émissions jusqu'en 2025. Une prévision fondée sur le *statu quo* indique que l'engagement des États-Unis consiste à réduire, d'ici 2025, les émissions de 18 à 25 % par rapport aux niveaux de 2014 (C2ES, 2015). À ce stade du processus, la plupart des acteurs considèrent que l'engagement des États-Unis est plutôt ambitieux.

Reste à savoir où se situe cet engagement par rapport aux autres grandes puissances. Nombre de soumissions parmi les plus importantes sont restées longtemps en suspens, et il faudra du temps pour les analyser et établir des comparaisons fiables, alors qu'un succès à Paris reposait sur une large participation, des engagements substantiels et des ambitions comparables afin que tous les pays tiennent parole.

2. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer : *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

En effet, le meilleur moyen pour les autres pays de s'assurer que les engagements climatiques des États-Unis résistent aux pressions politiques nationales consiste à soumettre et maintenir des INDC tout aussi ambitieuses. À moyen et long terme, le principal obstacle à la mise en œuvre d'un programme climatique ambitieux aux États-Unis n'est pas la politique nationale, puisqu'elle suit l'évolution de l'opinion publique majoritaire. À mesure que la réalité du changement climatique se fera plus pressante, les États-Unis s'inquiéteront en fait de savoir si les autres pays (en particulier les grands pays en développement) chercheront à réduire leurs propres émissions ou non. En l'absence d'engagements de la part de ces pays, il sera difficile de défendre un programme climatique aux États-Unis, qui n'aurait qu'un impact limité sur les émissions mondiales, mais des conséquences néfastes pour l'emploi et la compétitivité du pays à l'échelle mondiale.

4. Financement de l'action climatique

Le financement de l'action climatique occupe une place croissante dans les négociations de la CCNUCC. Les pays développés ont pris des engagements ambitieux et doivent mobiliser des financements importants pour aider les pays en développement à mettre en œuvre des stratégies d'atténuation mais également à s'adapter aux inévitables changements climatiques. Le Fonds vert pour le climat (FVC) est l'un des circuits de financement, devenu incontournable. Créé en 2009 dans le cadre de l'accord de Copenhague, ce fonds est prêt à être exploité, avec des promesses initiales atteignant plus de 10 milliards de dollars.

Le président Obama a promis que les États-Unis contribueraient à hauteur de 3 milliards de dollars. Son administration a d'ores et déjà demandé de débloquer 500 millions de dollars pour le FVC dans le cycle budgétaire de cette année, alors que ce financement requiert l'aval du Congrès. De nombreux pays attendent patiemment de voir si les États-Unis respecteront leur engagement. Les pays en développement s'intéressent tout particulièrement au FVC, considérant le versement de contributions conséquentes comme une sorte de condition régissant la soumission de plans visant à réduire leurs propres émissions.

Au moment de l'écriture du présent chapitre, l'administration Obama se démenait pour obtenir l'aval du Congrès illustrant l'imprévisibilité d'un processus budgétaire dont les objectifs mondiaux en matière d'émissions pour l'après-2020 ne devraient pas souffrir.

En effet, les autres pays doivent avoir raisonnablement confiance dans le fait que les États-Unis finiront par contribuer au FVC. Il reste qu'au-delà des tensions politiques à court terme, démocrates et républicains reconnaissent depuis longtemps l'importance et l'impact de l'assistance climatique apportée aux pays pauvres. C'est sous la présidence de deux républicains (George H. W. Bush et George W. Bush) que les États-Unis ont participé à la création du

Fonds pour l'environnement mondial (FEM) et des Fonds d'investissement pour le climat (FIC). Le FVC est la suite logique de ce processus et les personnes qui l'ont suivi se souviendront peut-être qu'il a fallu attendre deux ans avant que les financements des États-Unis en faveur des FIC soient accordés. Bien qu'ils n'occupent qu'une place secondaire dans les négociations de la CCNUCC, d'autres aspects du financement de l'action climatique tels que la suppression progressive des subventions en faveur des combustibles fossiles et du financement public des exploitations de charbon à l'étranger doivent être réformés et faire l'objet d'une coordination internationale. Le Fonds monétaire international (FMI) estime que les subventions perverses en faveur des combustibles fossiles représentent 6,5 % du PIB mondial (Coady *et al.*, 2015) et que les aides publiques mondiales en faveur du charbon avoisinent en moyenne 9 milliards de dollars par an depuis 2007 (Bast *et al.*, 2015). Alors que les efforts menés par les États-Unis se sont concentrés sur le G20 et les circuits d'assistance multilatéraux et bilatéraux, il est souhaitable que ces aspects soient mieux intégrés dans le processus de la CCNUCC.

5. Espoirs placés dans la conférence de Paris

L'accord de Paris ne peut être la solution miracle au problème grandissant du changement climatique à l'échelle mondiale, tant s'en faut. Il est certain que l'approche *bottom-up* consistant à baser cet accord sur les INDC ne permettra pas de définir des ambitions mondiales suffisamment élevées. Il s'agit d'une conséquence directe et prévisible des incitations économiques de la part de pays contribuant volontairement à un bien public mondial. Dans ce cas, comment l'issue de la conférence de Paris peut-elle être jugée favorable?

Du point de vue des États-Unis, il existe deux facteurs déterminants. Le premier, c'est que l'ensemble des pays émetteurs principaux, qu'ils soient développés ou en développement, soumettent des INDC raisonnablement ambitieuses. Le principe de « responsabilité commune mais différenciée » des pays développés et en développement, qui caractérise le processus de la CCNUCC depuis des décennies, doit faire place à une approche plus inclusive incitant tous les pays (et non pas seulement les pays développés) à réduire leurs émissions. Un accord qui ne ferait pas référence à la réduction des émissions des grands pays en développement à croissance rapide ne serait tout simplement pas à la hauteur des enjeux futurs. La récente déclaration bilatérale des États-Unis et de la Chine constituait une avancée significative, qui pouvait conduire à une réussite de la conférence de Paris si d'autres pays en développement fixaient des objectifs similaires.

Le second facteur essentiel consiste à reconnaître explicitement l'accord de Paris comme le début d'un processus, et non seulement comme un objectif à atteindre pour pouvoir écarter le changement climatique des préoccupations internationales. Cet accord doit ouvrir une voie bien définie vers la transparence et la communication régulière des données relatives aux émissions. Une

information fiable est en effet indispensable à l'évaluation des progrès et de l'équité. Outre les objectifs pour l'après-2020, l'accord doit également trouver le moyen de maintenir la pression, ces quatre prochaines années offrant la possibilité d'avancées significatives.

Références

- BAST E., GODINOT S., KRETZMANN S. et SCHMIDT J., 2015, *Under the Rug: How Governments and International Institutions are Hiding Billions in Support of the Coal Industry*, Washington DC, Natural Resources Defense Council.
- Center for Climate and Energy Solutions (C2ES), 2015, « Achieving the United States' Intended Nationally Determined Contribution », note de synthèse, Arlington, Virginie, États-Unis.
- COADY D., PARRY I., SEARS L. et SHANG B., 2015, « How Large Are Global Energy Subsidies? », document de travail du FMI n° 15/105, Washington D.C.
- Council of Economic Advisors (CEA), 2013, *Economic Report of the President*, Washington DC, United States Government Printing Office.
- Council of Economic Advisors (CEA), 2015, *Economic Report of the President*, Washington DC, United States Government Printing Office.
- Energy Information Administration (EIA), 2015a, *Annual Energy Outlook 2015, with Projections to 2040*, Washington DC, Office of Integrated and International Energy Analysis, Département de l'Énergie des États-Unis.
- Energy Information Administration (EIA), 2015b, *International Energy Statistics*, Washington DC, Office of Integrated and International Energy Analysis, Département de l'Énergie des États-Unis.
- LEISEROWITZ, A., MAIBACH E., ROSER-RENOUF C., FEINBERG G. et ROSENTHAL S., 2014, *Politics & Global Warming, Spring 2014*, New Haven, Connecticut, États-Unis, Yale Project on Climate Change Communication.

PARTIE III

ARCHITECTURE
ET GOUVERNANCE

Chapitre 11

Avantages et inconvénients d'instruments juridiques contraignants

Daniel Bodansky

Il semble aujourd'hui établi que l'accord de Paris constituera un traité au sens de la Convention de Vienne sur le droit des traités. Néanmoins, le débat se poursuit quant aux dispositions qui devraient en être juridiquement contraignantes. Même en l'absence de mécanismes exécutoires, le caractère juridique de l'accord de Paris et de ses dispositions pourrait revêtir une certaine importance, et ce pour plusieurs raisons. La formulation d'un accord juridiquement contraignant manifeste un engagement plus fort de l'exécutif qui l'accepte et du corps politique au sens large, notamment si son acceptation au niveau national requiert l'approbation du pouvoir législatif. Il peut avoir des ramifications juridiques nationales si sa mise en œuvre induit des mesures législatives ou si les tribunaux nationaux sont à même d'en assurer l'application ; il peut également conférer une assise plus solide à la mobilisation nationale et internationale. Cependant, les multiples travaux empiriques menés ces vingt dernières années n'ont pas permis d'évaluer avec certitude le poids de ces facteurs dans l'efficacité des traités. D'un côté, les États affirment l'importance du caractère juridique des accords. D'un autre, certains accords politiques tels que l'accord de Copenhague de 2009 et les accords d'Helsinki de 1975 ont probablement exercé une plus forte influence sur le comportement des États que leurs contreparties juridiques. De ce fait, il semble injustifié d'affirmer ou de nier de manière péremptoire l'importance du caractère juridiquement contraignant de l'accord de Paris.

Les discussions consacrées au caractère juridiquement contraignant du texte de Paris mêlent souvent cinq questions apparentées, mais distinctes : (1) la forme juridique de l'accord ; (2) le caractère juridiquement contraignant de ses différentes dispositions ; (3) la mesure dans laquelle celles-ci sont suffisamment précises pour contraindre les États ; (4) l'incertitude de son application par le pouvoir judiciaire ; et (5) la mesure dans laquelle il peut être exécuté. Il semble aujourd'hui probable que l'accord de Paris prendra la forme d'un traité. Plusieurs incertitudes demeurent néanmoins quant au choix des dispositions juridiquement contraignantes, au degré de précision de sa formulation et enfin à la nature des mécanismes de conformité et de responsabilité.

1. Forme juridique de l'accord de Paris

La Plateforme de Durban pour une action renforcée de 2011 appelle à élaborer « un protocole, un autre instrument juridique ou un texte convenu d'un commun accord ayant valeur juridique, élaboré au titre de la Convention et applicable à toutes les Parties ». Bien que cette formulation soit délibérément vague, les négociateurs s'accordent de plus en plus à comprendre « un texte convenu [...] ayant valeur juridique » comme un instrument juridiquement contraignant selon le droit international, c'est-à-dire un traité.

La Convention de Vienne sur le droit des traités (CVDT) définit ce type d'instrument en ces termes : « accord international conclu par écrit entre États et régi par le droit international » (CVDT, article 2(a))¹. Les traités peuvent prendre divers noms, notamment « accord », « convention », « protocole », « charte » et « amendement ». Aux termes de cette Convention, la nature de traité d'un accord ne tient pas à son titre, mais à l'intention des parties de le placer sous la juridiction du droit international (Aust, 2007). Bien que cela puisse s'avérer parfois ambigu, l'inclusion de « clauses finales » traitant de questions telles que les modalités de consentement par les États (par exemple, par ratification ou accession) et les exigences relatives à l'entrée en vigueur permettent, en général, de faire la distinction entre les traités et les instruments non juridiquement contraignants, puisque ces dispositions n'auraient aucun sens dans un instrument dénué de caractère juridique².

Une décision de la Conférence des Parties (COP) satisfierait-elle au mandat de Durban ? Probablement pas. En général, les décisions d'institutions internationales telles que la Conférence des Parties ne sont juridiquement contraignantes que si l'instrument qui les régit le stipule³. La Charte des Nations Unies en fournit un exemple simple : son article 25 indique que les États membres « *conviennent* d'accepter » les décisions du Conseil de sécurité. Cette disposition rend donc les décisions du Conseil de sécurité juridiquement contraignantes. Sinon, les décisions prises par les organes des Nations Unies ne créent pas d'obligations aux États membres. De la même manière, une décision de la Conférence des Parties pourra être juridiquement contraignante s'il est possible de la jumeler à une disposition de la CCNUCC qui lui conférera

1. Le droit américain confère au terme de « traité » le sens plus étroit d'« accord international adopté avec les conseils et le consentement du Sénat », conformément à l'article II de la Constitution. De ce fait, seuls quelques « traités » au sens international constituent des « traités » au sens de la Constitution des États-Unis. Il n'est pas certain que les conseils et le consentement du Sénat seront requis pour que les États-Unis participent à l'accord de Paris. Cela dépendra, en partie, de la teneur de l'accord. S'il devait présenter un caractère procédural, pouvait être mis en œuvre sur la base du droit américain en vigueur et visait à mettre en œuvre ou approfondir les dispositions de la CCNUCC, le président pourrait probablement s'y associer sur la seule base de l'autorité légale qui lui est conférée (voir en général Bodansky, 2015).

2. Pour les accords non juridiquement contraignants, l'équivalent fonctionnel d'une clause d'entrée en vigueur est une clause précisant la date à laquelle l'accord « prendra effet ».

3. Brunnée parvient à une conclusion différente : un plus grand nombre de décisions de la Conférence des Parties devrait être jugé contraignant. L'auteur adopte en effet une définition plus large du « caractère contraignant » que celui suggéré ici (Brunnée, 2002).

une valeur juridique. Par exemple, l'article 4.1 de la CCNUCC demande aux parties de recourir à des « méthodes comparables qui seront approuvées par la Conférence des Parties » pour inventorier leurs émissions de gaz à effet de serre. Dans les autres cas, les décisions de la Conférence ne sont pas juridiquement contraignantes. Par conséquent, une décision de la COP ne satisferait pas au mandat de la Plateforme de Durban, qui demande que le texte de Paris ait une valeur juridique (Bodansky et Rajamani, 2015). Tout élément du texte final à visée juridiquement contraignante devra soit figurer dans l'accord de Paris soit être prévu par lui.

2. Caractère obligatoire de certaines dispositions

Conformément au principe *pacta sunt servanda* (« les accords doivent être respectés »), les traités lient les parties et doivent être exécutés par elles de bonne foi (CVDT, article 26), ce qui ne signifie pas pour autant que toutes les dispositions doivent constituer une obligation juridique, et que leur non-respect entraîne un manque de conformité. Bien que l'on confonde parfois ces deux notions, la forme juridique d'un instrument et le fait que certaines dispositions puissent créer des obligations juridiques sont deux choses différentes. La première requiert d'examiner l'instrument dans sa globalité (est-il formulé par écrit et doit-il être régi par le droit international ?) alors que la seconde dépend de la formulation de la disposition concernée et du degré d'obligation exprimé. Les traités mêlent souvent éléments obligatoires et facultatifs. Par exemple, l'article 4.1 de la CCNUCC crée des obligations juridiques parce qu'il précise ce que les parties *ont à faire* pour lutter contre le changement climatique. À l'inverse, l'article 4.2 demande aux parties visées à l'Annexe I de fournir des informations sur les résultats des mesures prises « en vue » de revenir aux niveaux d'émission de 1990 d'ici l'an 2000, une formulation qui fixe un but et ne constitue pas un engagement juridique.

De la même manière, l'accord de Paris pourrait mêler obligations et recommandations concernant les contributions déterminées au niveau national (CDN) des parties ainsi que d'autres questions. Par exemple, il pourrait demander aux parties de s'engager à gérer, actualiser et rendre compte de leurs CDN pendant toute la durée de vie de l'accord, mais se limiter à en recommander la réalisation. Il ne s'agit donc pas simplement de décider si les obligations en rapport avec les CDN seront juridiquement contraignantes ou non. Il s'agit plutôt de définir les éventuelles obligations spécifiques des parties vis-à-vis de leurs contributions et, notamment, de déterminer si elles seront purement procédurales ou seront amenées à se concrétiser.

3. Distinction entre la contrainte juridique et d'autres formes de contraintes

Que l'accord de Paris soit un instrument juridique ou que l'une de ses dispositions soit juridiquement contraignante, quelle importance cela a-t-il ? Il est difficile, sinon impossible, de répondre directement à cette question. Le caractère contraignant reflète avant tout l'état d'esprit des responsables de l'interprétation et de l'application de la loi (juges, représentants de l'exécutif, etc.) mais aussi, dans une certaine mesure, celui de la communauté que la loi prétend régir. Tout dépend de ce que le philosophe britannique H.L.A. Hart appelait leur « point de vue interne », c'est-à-dire le sentiment qu'une règle constitue une obligation juridique et qu'il n'y a pas d'autre choix que de la respecter (Hart, 1994).

Le concept de « caractère juridiquement contraignant » est distinct de plusieurs autres aspects du « caractère contraignant » (Goldstein *et al.*, 2001; Bodansky, 2009; Stavins *et al.*, 2014). Premièrement, il diffère de la notion d'instrument justiciable, c'est-à-dire éventuellement applicable par des tribunaux. En règle générale, les tribunaux ne pouvant appliquer que les instruments juridiques, leur caractère *justiciable* dépend de leur forme juridique. Mais l'inverse n'est pas vrai : le caractère juridiquement contraignant d'un instrument ne dépend pas de l'existence d'un tribunal chargé de l'appliquer.

Deuxièmement, le concept de « caractère juridiquement contraignant » est distinct de celui de caractère exécutoire. Le plus souvent, le *caractère exécutoire* implique l'application de sanctions visant à induire le respect de l'obligation. Le caractère exécutoire, comme le caractère justiciable, n'est pas indispensable pour affirmer le caractère juridiquement contraignant d'un instrument. Tout instrument issu d'un processus législatif reconnu est juridiquement contraignant, que ses violations donnent lieu ou non à des sanctions spécifiques. En revanche, le caractère exécutoire ne dépend pas de la forme juridique puisque des règles non juridiques peuvent également être exécutées par l'application de sanctions⁴.

Troisièmement, la forme juridique d'un accord est distincte de sa *précision*. Bien sûr, plus une règle est précise, plus elle canalise et contraint les comportements. Mais les instruments juridiquement contraignants peuvent être très vagues et les instruments non juridiques se montrer très précis. Par conséquent, la valeur contraignante de la précision diffère de celle du droit.

Dans les systèmes juridiques nationaux, la forme juridique, le caractère justiciable et le caractère exécutoire vont souvent de pair. Mais cela est beaucoup moins courant à l'échelon international. Nombre d'accords juridiques internationaux, si ce n'est la plupart, ne prévoient aucun mécanisme d'application judiciaire et ne proposent que très peu de mécanismes exécutoires. Il est donc

4. Par exemple, le droit américain prévoit l'application de sanctions commerciales à l'encontre des États qui « diminuent l'efficacité » d'un programme de protection environnementale international, qu'ils en aient ou non violé les dispositions (amendement Pelly, 22 USC 1978).

important de faire la distinction entre les différentes dimensions du caractère contraignant.

Bien que la question de la forme juridique soit binaire – l'accord de Paris sera un instrument juridique ou pas, ses dispositions seront juridiquement contraignantes ou pas (Raustiala, 2005) –, d'autres dimensions pourront être plus ou moins contraignantes. Par exemple, il pourra être plus ou moins précis et mettre en place des mécanismes de responsabilité et de conformité plus ou moins stricts.

4. Le caractère juridiquement contraignant d'une règle importe-t-il et si oui, en quoi ?

Pour juger de l'efficacité de l'accord de Paris pour lutter contre le changement climatique, il convient de savoir s'il s'agit d'un instrument juridique plutôt que politique et si les contributions déterminées au niveau national des parties constituent des obligations juridiquement contraignantes plutôt que des cibles non contraignantes. Dans quelle mesure la forme juridique du texte de Paris importe-t-elle ? Les réponses à ces questions ne sont pas unanimes⁵.

L'efficacité d'un régime international repose sur trois facteurs : (1) l'ambition de ses dispositions ; (2) le niveau de participation des États ; (3) la mesure dans laquelle les États s'y conforment (Barrett, 2003). Le souci premier des tenants de l'importance d'un accord qui serait juridiquement contraignant est le respect des obligations. Mais le caractère juridiquement contraignant de ce texte ou de ses éléments constitutifs pourrait aussi influencer, peut-être de manière négative, sur l'ambition et la participation. Par conséquent, même si le caractère juridiquement contraignant favorise le respect des obligations, comme ses défenseurs l'affirment, il n'améliorera pas forcément l'efficacité si ses effets négatifs sur la participation et/ou l'ambition pèsent plus lourd que ses effets positifs sur le respect des obligations.

En théorie, le caractère juridique d'une règle est susceptible de promouvoir le respect des obligations de plusieurs manières, même en l'absence d'application ou d'exécution judiciaire (Abbott et Snidal, 2002). Tout d'abord, les États doivent ratifier les traités formellement, habituellement avec l'approbation du corps législatif. Par conséquent, l'acceptation d'un traité manifeste en général une adhésion et un engagement du pays plus forts que celle d'un accord politique, qui ne relève la plupart du temps que du pouvoir exécutif.

Deuxièmement, si le sentiment interne d'obligation juridique évoqué plus haut est sincère, les engagements juridiques incitent plus au respect des obligations que les engagements politiques, indépendamment des éventuels mécanismes exécutoires.

Troisièmement, dans la mesure où les États prennent davantage au sérieux les engagements juridiques que les engagements politiques, ils auront non

5. Concernant l'efficacité du droit international, comparer Downs *et al.* (1996) et Simmons (2009).

seulement davantage tendance à respecter spontanément leurs obligations, mais aussi à juger plus sévèrement les manquements d'autres États. De ce fait, la réputation et les relations internationales des États qui n'honorent pas leur engagement à un traité risquent de souffrir davantage qu'en cas de non-respect d'un engagement politique. Le non-respect des obligations perd donc de son attrait.

Quatrièmement, les accords juridiquement contraignants tendent à avoir des effets plus marqués sur la vie politique nationale que les accords politiques, parce qu'ils modifient les habitudes bureaucratiques et favorisent la mobilisation et l'action de leurs partisans dans le pays.

Enfin, les tribunaux peuvent au minimum faire appliquer des obligations juridiques. Ainsi, s'il est possible de régler un différend juridique devant un tribunal international ou des tribunaux nationaux, le caractère juridique de la règle constituera une condition nécessaire au recours à ces procédures.

Le fait que les États négocient et acceptent leurs engagements juridiques avec davantage de soin que leurs engagements politiques constitue peut-être la meilleure preuve qu'ils les prennent plus au sérieux. En outre, dans de nombreux pays, l'acceptation des traités requiert des procédures spéciales telles que l'approbation du corps législatif. Cette prudence serait irrationnelle si le caractère juridiquement contraignant n'importait pas. Le fait que les traités soient plus difficiles à négocier et à approuver que les instruments non juridiques montre que les États les considèrent comme étant de nature plus contraignante.

Mais s'il existe de bonnes raisons de penser que la forme juridique renforce le respect des obligations, d'autres facteurs jouent aussi un rôle important. Comme expliqué par Wiener⁶ dans sa contribution au présent ouvrage, l'existence de mécanismes de transparence et de responsabilité accroît la probabilité de déceler et de critiquer les mauvaises performances. Les coûts en termes de réputation pour l'État concerné augmentent alors, que la norme soit juridiquement contraignante ou non. Au même titre que l'engagement juridique, les mécanismes de transparence et de responsabilité peuvent aussi aider à mobiliser et à favoriser l'action nationale des partisans de l'accord. La précision d'un instrument peut en outre en améliorer l'efficacité, parce que des règles précises constituent une orientation normative de meilleure qualité et laissent davantage transparaître tout manquement.

De ce fait, les instruments non juridiques peuvent exercer une influence notable sur le comportement des États (Victor *et al.*, 1998; Shelton, 2000). Ainsi, la Déclaration d'Helsinki de 1975⁷ constitue l'un des instruments des droits de l'homme les plus efficaces en dépit de sa nature explicitement non juridique, les conférences d'examen périodiques étant pour les défenseurs de ces droits l'occasion de se mobiliser au niveau national; elles ont aussi permis d'attirer l'attention de la communauté internationale sur la performance du

6. Voir le chapitre 13 de ce volume par J.B. Wiener: *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification*.

7. Conférence sur la sécurité et la coopération en Europe, Acte final (1^{er} août 1975), article 10, *International Legal Materials* 14: 1292.

bloc soviétique en matière de droits de l'homme.

De la même manière, s'agissant de l'ambition, le caractère juridique d'un instrument peut s'avérer à double tranchant. D'un côté, il pourra inciter les États à prendre des engagements plus ambitieux parce qu'ils seront plus certains que d'autres feront de même. De l'autre, il pourra aussi freiner leur ambition si le coût potentiellement élevé d'engagements auxquels ils ne pourront échapper les préoccupe davantage que le non-respect du texte par d'autres États.

Enfin, comme les États n'entérinent des accords juridiques qu'avec prudence (ou ont mis en place des exigences spéciales concernant la ratification qui compliquent la procédure), le fait de rendre un instrument juridiquement contraignant risque de réduire la participation. Les États-Unis ont refusé de participer au Protocole de Kyoto en partie en raison de la nature juridiquement contraignante des objectifs de réduction des émissions et de l'impossibilité d'en faire approuver la ratification par le Sénat. De la même manière, il est probable que bien moins de pays auraient participé à l'accord de Copenhague et se seraient engagés solennellement à réduire leurs émissions s'il s'était agi d'un instrument juridiquement contraignant transformant leurs promesses en obligations juridiques.

Comment ces facteurs antinomiques se manifestent-ils ? Jusqu'ici, il a été presque impossible de répondre à cette question de manière empirique. Pour ce faire, il faudrait, en gardant tous les autres facteurs constants, ne faire varier que la forme juridique des accords. Les efforts significatifs menés ces deux dernières décennies pour déterminer l'importance du caractère juridiquement contraignant des traités internationaux n'ont toujours pas livré de réponses catégoriques (Stavins *et al.*, 2014).

Conclusion

Pour avoir la valeur juridique qu'attend la Plateforme de Durban, l'accord de Paris doit constituer un traité selon la définition de la Convention de Vienne sur le droit des traités. Une décision de la Conférence des Parties ne suffirait pas. Cela ne signifie pas pour autant que toutes ses dispositions doivent constituer une obligation juridique ou que les contributions déterminées au niveau national des parties doivent être juridiquement contraignantes. Son texte pourrait associer des dispositions obligatoires et facultatives quant aux contributions des parties à l'atténuation des émissions et aux autres éléments de la Plateforme de Durban, notamment l'adaptation et le financement.

Il est impossible d'affirmer avec certitude l'importance qu'aurait le caractère juridiquement contraignant de l'accord de Paris. Il serait susceptible d'envoyer un signal plus fort d'engagement de la part de ses parties et de mieux garantir le respect de ses obligations. Mais la transparence, la responsabilité et la précision peuvent elles aussi jouer un rôle déterminant. Le caractère juridiquement contraignant peut se révéler à double tranchant s'il conduit les États à ne pas participer ou à prendre des engagements moins ambitieux.

Références

- ABBOTT K., SNIDAL D., 2000, « Hard and Soft Law in International Governance », *International Organization* 54 (3), p. 421-456.
- AUST A., 2007, *Modern Treaty Law and Practice*, 2^e édition, Oxford, Oxford University Press.
- BARRETT S., 2003, *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*, Oxford, Oxford University Press.
- BODANSKY D., 2009, *The Art and Craft of International Environmental Law*, Cambridge, Harvard University Press.
- BODANSKY D., 2015, *Legal Options for US Acceptance of a New Climate Change Agreement*, Arlington, Virginie, États-Unis, Center for Climate and Energy Solutions.
- BODANSKY D. et RAJAMANI L., 2015, *Key Legal Issues in the 2015 Climate Negotiations*, Arlington, Virginie, États-Unis, Center for Climate and Energy Solutions.
- BRUNNÉE J., 2002, « Coping with Consent: Law-Making under Multilateral Environmental Agreements », *Leiden Journal of International Law* 15 (1), p. 1-52.
- DOWNS G., ROCKE D. et BARSOOM P., 1996, « Is the Good News about Compliance Good News about Cooperation? », *International Organization* 50 (3), p. 379-406.
- GOLDSTEIN J., KAHLER M., KEOHANE R. et SLAUGHTER A.-M. (éd.), 2001, *Legalization and World Politics*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, MIT Press.
- HART H. L. A., 1994, *The Concept of Law*, 2^e édition, Oxford, Oxford University Press.
- RAUSTIALA K., 2005, « Form and Substance in International Agreements », *American Journal of International Law* 99, p. 581-614.
- SHELTON D. (éd.), 2000, *Commitment and Compliance; The Role of Non-Binding Norms in International Law*, Oxford, Oxford University Press.
- SIMMONS B., 2009, *Mobilizing for Human Rights: International Law in Domestic Politics*, New York, Cambridge University Press.
- STAVINS R., ZOU J. *et al.*, 2014, *International Cooperation: Agreements and Instruments in Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- VICTOR D., RAUSTIALA K. et SKOLNIKOFF E. (éd.), 1998, *The Implementation and Effectiveness of International Environmental Law*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, MIT Press.

Chapitre 12

Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions

Joseph E. Aldy, William A. Pizer

Les négociations précédant la tenue en décembre 2015 de la Conférence de Paris sur le changement climatique ont été l'occasion pour nombre de pays de s'engager à atténuer leurs émissions de gaz à effet de serre. Ces engagements prennent des formes diverses : objectifs par rapport aux niveaux d'émissions de 1990 ou 2005, amélioration du ratio du dioxyde de carbone par rapport au PIB, pourcentage d'atténuation par rapport à un scénario de référence « passif » (ou scénario de maintien du *statu quo*), objectifs relatifs aux énergies renouvelables, objectifs en termes d'efficacité énergétique, objectifs en matière de reboisement, etc. La possibilité de comparer les engagements en termes d'atténuation va jouer un rôle primordial dans le processus de négociation.

Pourquoi ? L'instauration d'un climat de confiance entre les pays repose sur une compréhension commune de la manière dont ces engagements se positionnent les uns par rapport aux autres. Des efforts similaires menés par des pays comparables et considérés comme « équitables » constituent sans doute une condition nécessaire pour que ces pays honorent leurs engagements actuels et accroissent leurs ambitions à l'avenir (Ostrom, 1998 ; Barrett, 2003 ; Cazorla et Toman, 2003). La possibilité de comparer les efforts d'atténuation entre les pays offrirait également un consensus relativement rentable, qui permettrait de mettre l'ensemble des industries consommatrices d'énergie sur un pied d'égalité à l'échelle internationale (voir notamment Aldy *et al.*, 2010). L'intérêt naissant des politiques nationales pour la comparabilité des engagements provient aussi bien des défenseurs de l'environnement, pour qui ces comparaisons peuvent entraîner un relèvement des ambitions, que des dirigeants d'entreprises, soucieux des impacts négatifs éventuels des politiques liées au changement climatique sur la compétitivité de leurs entreprises.

Si tout travail de comparaison nécessite des indicateurs, parvenir à un accord officiel sur des indicateurs spécifiques et un mécanisme exhaustif de surveillance des politiques représente un défi de taille. Afin de faciliter cet épineux processus, nous avons élaboré trois principes de base auxquels le recours à plusieurs indicateurs permettrait de répondre. Dans la mesure où aucun indicateur ne peut répondre seul à tous ces principes, nous recommandons une approche de portefeuille, qui évaluerait les niveaux d'émissions estimés des pays, la réduction des émissions, les effets sur les prix du carbone et de

l'énergie ainsi que les coûts de mise en œuvre.

Il convient de noter que nous mettons en avant le rôle des indicateurs en tant que mécanismes facilitateurs. Les indicateurs sont présentés indépendamment de tout jugement concernant les actions des pays. Nous sommes convaincus qu'une présentation claire et objective de ces informations est un gage de réciprocité et d'une plus forte mobilisation. À l'inverse, la littérature dans de nombreuses disciplines regorge de tentatives de prescription des actions à mener par les pays en fonction de principes éthiques et d'objectifs à long terme (voir notamment Groenenberg *et al.*, 2004; Michaelowa *et al.*, 2005; den Elzen *et al.*, 2006; Höhne *et al.*, 2006; Gupta, 2007; Hof et den Elzen, 2010; Bosetti et Frankel, 2012).

1. Historique de la comparabilité dans les négociations internationales sur le climat

Le concept d'effort comparable a évolué au fil des négociations internationales sur le changement climatique menées au cours de ces dernières décennies. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) de 1992 et le Protocole de Kyoto de 1997 ont défini des objectifs d'émissions pour les pays développés. Elle a également instauré la première notion de comparabilité (qui s'avère être la plus utilisée), à savoir la comparaison des émissions par rapport à leur niveau de 1990, choisie comme année de référence. Cette approche, qui définit des limites quantitatives pour les émissions (en particulier dans le cadre du Protocole de Kyoto), revient à demander une réduction des émissions par rapport à leur niveau de 1990. Elle s'est révélée simpliste et potentiellement trompeuse, car elle ne permettait pas de distinguer les réductions résultant des actions menées de celles qui n'étaient que le fruit du hasard. Ainsi, les émissions de la Russie sont restées bien inférieures à leur niveau de 1990 depuis la conférence de Kyoto, ce qui reflétait la mauvaise santé de l'économie du pays et non le résultat d'un programme efficace et de grande ampleur d'atténuation des émissions.

La notion de « comparabilité des efforts » a fait sa première apparition explicite en 2007 dans le texte du Plan d'action de Bali, lequel précisait que ce concept devrait orienter les efforts d'atténuation menés par les pays développés. Lors de la conférence de Copenhague de 2009, l'Union européenne et le Japon ont fait part de leurs objectifs nationaux en termes de réduction des émissions; ces derniers se composaient d'un engagement sans condition associé à une composante supplémentaire, plus ambitieuse, soumise à la condition que d'autres pays développés prennent des engagements « comparables » en termes de réduction de leurs émissions. Pourtant, ni l'Union européenne ni le Japon ne précisèrent ce que le terme « comparable » signifiait pour eux. En outre, les pays avaient des approches différentes en termes de mesure et de comparaison des efforts, ainsi que des positions divergentes quant à l'intégration des engagements des économies émergentes à forte croissance comme la

Chine et l'Inde. Afin de promouvoir la transparence des engagements d'atténuation et de faciliter une meilleure compréhension des efforts, l'Accord de Copenhague et les accords de Cancún signés en 2010 soulignaient la nécessité de mener des « consultations et des analyses à l'échelle internationale » ainsi que des activités de « mesure, de notification et de vérification », c'est-à-dire des mécanismes d'évaluation comprenant des comptes rendus, des analyses techniques et une période de consultation avec les autres parties (voir Wiener¹, pour une étude plus approfondie des mécanismes de mesure, de notification et de vérification).

En s'appuyant sur le modèle de Copenhague, les notions d'engagement et d'évaluation sont présentées de façon plus approfondie dans le cadre de l'architecture internationale née des décisions prises lors de la conférence de Lima en 2014. Un certain nombre de pays, notamment les États-Unis, l'Union européenne et la Russie, ont reporté l'annonce de leurs engagements d'atténuation, désignés dans les négociations en tant que « contributions prévues déterminées au niveau national », alors que la date limite avait été initialement fixée au 31 mars 2015 ; d'autres pays devraient leur avoir emboîté le pas d'ici la fin de l'année 2015. Dans le cadre de ce processus d'engagement, l'Appel de Lima pour l'action sur le climat précise que les pays peuvent inclure des informations supplémentaires susceptibles de favoriser la transparence et la crédibilité des contributions des pays ; ces informations peuvent être des données, des méthodes d'analyse ou encore la description des politiques de mise en œuvre.

Cette évolution illustre le rôle de l'économie dans la mise en œuvre du concept de comparabilité des efforts d'atténuation. À l'issue de l'accord de Copenhague de 2009, les engagements d'atténuation des pays étaient exprimés sous des formes diverses ; il devrait en être de même lors de la conférence de Paris. Les négociateurs ne peuvent plus se contenter de simples calculs comptables, à l'image de ce qui était exigé lors des négociations de Kyoto en 1997 : ils vont devoir s'appuyer sur des données et des analyses économiques pour déterminer la crédibilité des engagements des pays.

2. Principes de choix des indicateurs de comparabilité

Nous identifions trois principes pour orienter la sélection des indicateurs à utiliser afin de comparer les efforts d'atténuation des pays (voir également Aldy et Pizer, 2015).

- **Exhaustivité.** Dans l'idéal, un indicateur doit être exhaustif, c'est-à-dire qu'il doit refléter l'intégralité des efforts menés activement par un pays pour honorer ses engagements en termes d'atténuation. Un tel indicateur doit clairement refléter toutes les politiques et les mesures relatives au climat,

1. Voir le chapitre 13 de ce volume par J.B. Wiener : *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification.*

et exclure les facteurs d'atténuation qui ne découlent pas des politiques menées. Sa valeur doit être identique dans les pays qui mènent des efforts d'atténuation similaires.

- **Mesurabilité et reproductibilité.** Un indicateur doit être mesurable et reproductible. La possibilité de reproduire un indicateur donné grâce à des informations publiques et sans s'appuyer sur des hypothèses subjectives améliore la crédibilité de l'examen. L'accent mis sur les caractéristiques observables des efforts, telles que les émissions, les prix de l'énergie et du carbone et/ou l'utilisation de technologies neutres en carbone, incite également les pays à mener des actions mesurables de cette manière, ce qui renforce encore la transparence.
- **Universalité.** Les indicateurs doivent être universels. Le changement climatique est un phénomène planétaire, les indicateurs doivent donc être élaborés pour un maximum de pays et applicables au plus grand nombre.

En pratique, cela implique des concessions dans les principes d'identification et d'élaboration des indicateurs. Par exemple, l'évolution à long terme des niveaux d'émissions peut être mesurable et disponible dans tous les pays d'après un modèle universel, mais cette mesure peut s'avérer incomplète pour représenter l'effort global d'atténuation. La détermination, toutefois complexe, du coût d'atténuation peut fournir une mesure plus complète de l'effort.

3. Indicateurs de comparabilité : émissions, prix et coûts

Il existe de nombreuses méthodes de mesure des efforts d'atténuation ; les pays sont encore loin d'un accord sur une méthode unique. L'examen des indicateurs les plus populaires par rapport à nos principes de base permet toutefois de faire émerger leurs forces et leurs faiblesses. Ces indicateurs se répartissent selon trois catégories, selon qu'ils sont axés sur les émissions, les prix ou les coûts. Les émissions (et autres mesures physiques) sont généralement les facteurs qui impactent le plus l'environnement. Les prix du carbone et les taxes sur l'énergie reflètent les mesures incitatives économiques instaurées par les politiques publiques visant à réduire les émissions et la consommation d'énergie. Les indicateurs de coût mesurent l'utilisation des ressources économiques utiles qui, au lieu d'alimenter la consommation actuelle et les investissements non liés au climat, sont allouées à la réduction des émissions.

3.1. Émissions et indicateurs connexes

Comme indiqué plus haut, le Protocole de Kyoto a mis en place un premier indicateur de comparabilité en se basant sur les émissions de 1990. Plus récemment, des pays comme les États-Unis et le Japon ont comparé leurs émissions par rapport à leurs niveaux de 2005. Les pays choisissent le seuil de référence qui se révèle le plus avantageux pour eux et, comme le

montre l'exemple de la Russie, l'évolution des émissions à long terme peut être parfaitement indépendante des efforts menés. Pour prendre en compte l'influence spécifique de l'activité économique, une des approches souvent utilisées consiste à se concentrer sur l'intensité des émissions, c'est-à-dire les tonnes de CO₂ par rapport au PIB. Avant le sommet de Copenhague en 2009, la Chine et l'Inde avaient chacune proposé des objectifs d'émissions sous la forme d'une réduction en pourcentage du ratio des émissions par rapport au PIB (comme l'avait fait l'administration Bush en 2001), une méthode qui permet de s'assurer que la mauvaise performance d'un pays sur le plan du climat n'est pas simplement liée à une croissance économique plus forte, et inversement de prendre en compte un éventuel recul économique en cas de baisse appréciable des émissions.

Malheureusement, l'utilisation de l'intensité des émissions pour mesurer les efforts d'atténuation présente plusieurs problèmes. Les pays en croissance ont tendance à afficher une baisse de l'intensité de leurs émissions, celle-ci résultant plus des améliorations technologiques et de l'évolution des structures économiques que de réels efforts d'atténuation. La distinction entre les améliorations liées aux efforts et celles qui résultent d'effets de croissance est difficile. En outre, la baisse des émissions est généralement plus forte dans les pays à plus forte croissance (Aldy, 2004; Newell et Pizer, 2008), ce qui rend difficiles les comparaisons entre des pays qui affichent des taux de croissance différents. Cela signifie également que l'atteinte des objectifs sera plus ou moins facile selon que la croissance nationale est respectivement plus rapide ou plus lente que prévu. Une solution serait de comparer l'intensité des émissions plutôt que leur évolution, mais cela nécessiterait de convertir les devises locales en une devise unique, ce qui n'est pas sans poser de problème.

Au cours des dernières années, les organismes de réglementation de certains pays en développement se sont mis à exprimer leurs objectifs d'émission sous la forme d'un pourcentage de réduction des émissions par rapport aux prévisions effectuées pour une année déterminée. Si cette approche est en théorie plus complète par rapport aux autres indicateurs, en pratique, le calcul des prévisions d'émissions implique des jugements subjectifs. Si le niveau prévu d'émissions est calculé par le gouvernement à l'origine de l'objectif, ce dernier aura toutes les raisons d'afficher une prévision élevée afin que l'objectif paraisse plus ambitieux qu'il ne l'est réellement. Même si la prévision est juste, la comparaison d'un objectif par rapport à une prévision d'émissions ne sera plus complète que dans le cadre d'une analyse prospective. L'analyse rétrospective des émissions observées par rapport à un scénario d'anticipation présente toujours le risque que les efforts d'atténuation se mêlent aux autres facteurs qui affectent les émissions. Pour qu'il soit exhaustif, un indicateur rétrospectif doit comparer le niveau effectif d'émissions par rapport au niveau qui aurait été obtenu en l'absence de politique d'atténuation, c'est-à-dire à une analyse prévisionnelle rétrospective.

3.2. Prix du carbone et de l'énergie

Le prix observé du carbone est directement lié aux efforts menés, dans la mesure où il correspond aux incitations économiques mises en place dans le cadre des politiques d'atténuation d'un pays afin de réduire les émissions; il reflète également le coût marginal. La comparaison des prix du carbone entre les pays permet d'évaluer le coût par tonne et le volume des efforts d'atténuation menés par un pays. Dans la mesure où les pays mettent en place des taxes nationales sur les émissions de carbone et des permis d'émissions négociables en devise locale, ces comparaisons vont nécessiter des conversions de devises, comme pour la comparaison de l'intensité des émissions, ce qui pose la question du choix du taux de change à utiliser. En outre, les prix du carbone ne reflètent pas les efforts d'atténuation liés aux politiques n'affectant pas les prix telles que les normes d'efficacité énergétique et les mandats renouvelables; par ailleurs, les prix du carbone ne concernent généralement pas toutes les émissions d'un pays. Il peut également arriver qu'un pays choisisse d'abaisser les taxes pour les entreprises concernées à travers un dispositif d'assouplissement fiscal, nuisant ainsi à l'efficacité de la tarification du carbone.

De plus, il est possible de tenir compte des prix du carbone implicites (ou effectifs), qui estiment le coût moyen des réductions associées à une politique climatique spécifique ou un ensemble de politiques. Si ces prix implicites offrent l'avantage de pouvoir s'appliquer à un ensemble plus large de politiques, ils présentent l'inconvénient de ne pas être directement observables, car ils résultent de modèles de simulations. Les prix implicites ne reflètent pas non plus les impacts réels sur les prix de l'énergie, qui sont souvent au cœur des préoccupations des acteurs soucieux de leur compétitivité économique et qui constituent une incitation nécessaire pour améliorer l'efficacité énergétique chez les utilisateurs finaux.

Ces éléments nous incitent à tenir compte des prix de l'énergie directs. Ces prix sont transparents, mesurables et dotés d'une fréquence élevée. Les prix de l'énergie fournissent une évaluation nette de toutes les politiques axées sur les prix (y compris la tarification du carbone); ils permettent ainsi de s'assurer qu'un pays ne pratique pas d'assouplissement fiscal, tout en étant directement liés aux problématiques de la compétitivité et de l'incitation à améliorer l'efficacité énergétique à l'échelle des utilisateurs finaux. Là encore, ils ne permettent pas de mesurer les effets des réglementations non liées au prix et sont insuffisants pour mesurer l'action des pays ayant beaucoup misé sur ce type de politique, comme c'est le cas aux États-Unis (voir Burtraw², pour une présentation plus approfondie de la réglementation sur les gaz à effet de serre aux États-Unis).

2. Voir le chapitre 17 de ce volume par D. Burtraw : *L'approche réglementaire de la politique d'atténuation climatique des États-Unis*.

3.3. Coûts économiques

Finalement, les préoccupations relatives aux coûts de la lutte contre le changement climatique représentent l'un des principaux, si ce n'est le premier, freins à la mise en œuvre d'actions sérieuses par les gouvernements. Les coûts sont également étroitement liés à la notion d'effort selon la plupart des économistes. Un indicateur de l'effort basé sur les coûts, exprimé en part du revenu national ou du revenu par habitant, permettrait de comparer le coût des actions menées dans des pays comparables. Un indicateur basé sur le coût des politiques en cours risque de présenter l'inconvénient de « récompenser » les politiques coûteuses mais inefficaces. Un indicateur complémentaire consisterait à examiner le coût d'une réduction identique des émissions en ayant recours à la politique la moins onéreuse (voir McKibbin *et al.*, 2011, pour une illustration de cette approche). Cela mettrait en avant les avantages de certaines politiques (dont l'impact sur les émissions est supérieur avec des coûts d'atténuation inférieurs) par rapport aux autres. L'estimation des coûts nécessite cependant d'avoir recours à des hypothèses économiques ainsi qu'à des cadres de modélisation pointus afin de prendre en compte l'évolution économique des secteurs spécifiques et des économies nationales.

3.4. Synthèse des indicateurs

Aucun indicateur ne satisfait à lui seul aux trois principes de conception énoncés. Le tableau 12.1. présente les inconvénients de chaque type d'indicateur par rapport à ces principes. Les indicateurs facilement mesurables (niveaux et intensité des émissions par rapport aux niveaux historiques) ne permettent pas de distinguer les efforts du hasard. Les prix offrent une vision observable de certaines politiques seulement. La réduction des émissions et les coûts associés présentent sans doute le meilleur compromis, mais leur estimation nécessite d'avoir recours à des hypothèses subjectives et des modélisations. Des divergences d'opinions importantes concernant les hypothèses risquent d'entraîner des résultats différents, ce qui rendrait toute comparaison difficile et pourrait ébranler la confiance envers le dispositif de transparence et d'évaluation. Les outils de modélisation nécessaires sont également assez peu disponibles en dehors des plus grands pays développés et en développement.

Au vu de ces éléments, notre recommandation d'un portefeuille d'indicateurs semble pertinente. Il apparaît également que l'ampleur de la tâche qui reste à accomplir pour élaborer les meilleurs indicateurs en matière de réduction et de coût est encore grande. L'approche d'un portefeuille d'indicateurs serait similaire à la méthode employée par les analystes qui étudient la santé macro-économique d'un pays à partir d'un ensemble de statistiques économiques, en s'appuyant notamment sur le PIB, le taux de chômage, le taux d'inflation et les taux d'intérêt.

Tableau 12.1. Synthèse des principes et indicateurs en vue de la comparabilité des efforts

	Principe		
Indicateur	Complet	Mesurable et reproductible	Universel
Niveaux d'émissions	Non, ne permet qu'une estimation insuffisante de l'effort car elle intègre les tendances naturelles.	Oui, des données publiques sont disponibles concernant l'énergie et le carbone fossile.	Oui, pour les données sur le carbone fossile, qui existent dans tous les pays ; des analyses supplémentaires sont nécessaires pour toutes les émissions de GES.
Intensité des émissions	Plus pertinent que les niveaux d'émissions car il tient compte des tendances économiques, mais flou.	Oui, des données publiques sont disponibles concernant l'énergie et le carbone fossile.	Oui pour le ratio carbone fossile/PIB ; des analyses supplémentaires sont nécessaires pour estimer les émissions de GES par rapport au PIB.
Réduction des émissions	Oui, c'est le plus complet des indicateurs liés aux émissions.	Difficile, nécessite des outils de modélisation/ des choix subjectifs pour déterminer des scénarios hypothétiques.	Non, les plateformes de modélisation permettant d'évaluer plus de 10 pays sont rares.
Prix du carbone	Non, reflète l'effort par tonne, mais renseigne peu sur le nombre de tonnes ou l'effort cumulé.	Explicite – oui ; implicite – nécessite des analyses détaillées.	Non, dans la mesure où les politiques de tarification explicite du CO ₂ sont rares ; des outils de modélisation sont nécessaires pour les prix implicites du dioxyde de carbone.
Prix de l'énergie et taxes	Non, n'est pas adapté aux émissions autres qu'énergétiques ; ne prend pas en compte les instruments réglementaires qui ne sont pas liés aux marchés.	Oui, mais la méthode de consolidation reste confuse.	Oui, mais nécessite de collecter des données plus détaillées que les données publiques actuellement disponibles.
Coûts de réduction	Oui ; ils constituent la meilleure mesure de l'effort.	Difficile, nécessite des outils de modélisation/ des choix subjectifs pour déterminer des scénarios hypothétiques et modéliser les coûts.	Non, les plateformes de modélisation permettant d'évaluer plus de 10 pays sont rares.

4. L'examen des engagements à l'approche de la conférence de Paris et au-delà

Les analyses qui comparent les engagements pris et les actions menées dans les différents pays dans le cadre de la lutte contre le changement climatique sont de plus en plus pertinentes, dans la mesure où les actions et la politique nationale des pays prennent désormais la forme d'engagements unilatéraux conclus dans le cadre des négociations internationales. L'architecture émergente implique désormais que les pays fassent part de leurs intentions, évaluent la pertinence des efforts menés par les uns et les autres, et assurent une mise en œuvre adéquate de leurs politiques et engagements futurs.

Aucun indicateur ne permet à lui seul de mesurer les efforts de façon exhaustive tout en étant aisément mesurable et disponible dans tous les pays selon un modèle universel. En outre, chaque pays préfère mettre en avant les mesures qui lui sont les plus avantageuses. Au vu de ces éléments, il est peu probable qu'un indicateur officiel unique soit créé : les pays vont plutôt mettre en avant et utiliser l'indicateur qu'ils préfèrent. Des analyses sont nécessaires pour comparer les indicateurs entre eux, en particulier ceux qui sont les plus difficiles à mesurer.

Le regroupement des données et l'analyse de ces indicateurs vont nécessiter la mise en œuvre d'un processus sérieux, transparent et légitime (Aldy et Stavins, 2012 ; Aldy, 2014). Dans sa contribution aux présents travaux, Wiener³ souligne que les dispositions relatives à ce processus pourraient être abordées lors des négociations de la CCNUCC. En attendant la mise en place d'un processus de surveillance officiel, à Paris ou à une date ultérieure, cette mission peut être assurée par des chercheurs indépendants. Ces derniers pourraient élaborer un éventail d'indicateurs facilement disponibles tout en laissant aux organisations internationales existantes le soin de collecter des données pour faciliter les comparaisons.

À titre d'exemple, nous avons utilisé les données récemment publiées par les États-Unis (Département d'État des États-Unis, 2014a, b) et l'Union européenne (2014a, b) dans leurs premiers rapports biennaux pour définir un ensemble d'indicateurs reflétant leurs contributions prévues déterminées au niveau national (tableau 12.2.). Ces rapports biennaux pourraient permettre de mener une évaluation initiale de la comparabilité des efforts, en s'entourant de quelques précautions. Tout d'abord, des évaluations indépendantes du scénario prévisionnel de maintien du *statu quo* détaillé dans lesdits rapports renforceraient la crédibilité des réductions d'émissions revendiquées dans ce cadre. Ensuite, des modélisations seraient également nécessaires pour estimer les prix et les coûts futurs (pour un exemple, consulter Aldy *et al.*, 2015). Enfin, à l'heure actuelle, peu de pays en développement soumettent des rapports biennaux, ce qui implique d'utiliser d'autres sources de données et analyses pour évaluer et comparer les efforts d'atténuation que représentent

3. Voir le chapitre 13 de ce volume par J.B. Wiener : *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification.*

leurs contributions prévues déterminées au niveau national. L'utilisation de sources de données multiples et la réalisation d'analyses par des experts indépendants permettraient d'obtenir un degré rigoureux de comparabilité (Aldy, 2014; Aldy et Pizer, 2015).

Tableau 12.2. Indicateurs pour les contributions prévues déterminées au niveau national de l'Union européenne et des États-Unis

	États-Unis ¹	UE ²
Objectif annoncé	-26 à -28 % par rapport à 2005 en 2025	-40 % par rapport à 1990 en 2030
Objectif d'émissions		
En tonnes (en millions de tonnes de CO ₂)	5 252	3 364
Par rapport à 1990 [%]	-17	-40
Par rapport à 2005 [%]	-27	-35
Par rapport à 2025 (<i>statu quo</i>) [%]	-25	-9
Par rapport à 2030 (<i>statu quo</i>) [%]	-25	-25
GES/PIB²		
2015 kgCO ₂ e/USD (2005)	0,45	0,35
Objectif 2025	0,28	0,25
Objectif 2030	0,25	0,20
Δ(GES/PIB)		
2015-2025 (%/an)	-4,9	-3,4
2015-2030 (%/an)	-4,1	-3,7
Prix de l'électricité en 2025	nécessite des modélisations	nécessite des modélisations
Prix de l'essence/du diesel en 2025	nécessite des modélisations	nécessite des modélisations
Prix du gaz naturel en 2025	nécessite des modélisations	nécessite des modélisations
Coût marginal de réduction [USD/tCO ₂ e]	nécessite des modélisations	nécessite des modélisations
Coûts d'atténuation par rapport au PIB [%]	nécessite des modélisations	nécessite des modélisations

Remarques : pour simplifier la présentation, les mesures relatives aux États-Unis reposent sur l'hypothèse d'un objectif de réduction de -27 %. Les mesures relatives à l'Union européenne pour 2025 reposent sur une interpolation linéaire entre les objectifs de l'UE pour 2020 (-20 %) et 2030. Les estimations du PIB de l'UE (en euros de 2005) ont été converties en dollars américains de 2005 en utilisant la parité de pouvoir d'achat de l'OCDE pour 2005, soit un taux de change de 0,857 euro/dollar. (<http://stats.oecd.org/Index.aspx?lang=fr&SubSessionId=0bbd4866-0718-433a-9d54-6boed9363fee&themetreeid=16>). Toutes les autres données utilisées dans l'élaboration des indicateurs sont extraites des premiers rapports biennaux publiés par l'Union européenne et les États-Unis relevant de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, UE 2014a, 2014b; É.-U. 2014a, 2014b). Il convient de noter que les prévisions de réduction reposent sur des prévisions réalisées à partir de mesures existantes pour les deux pays (tableau 6(a) du format tabulaire commun des rapports biennaux).

Des analyses non officielles menées par des experts indépendants pourraient permettre de synthétiser davantage les données et ainsi de cerner les prévisions

et modélisations nécessaires pour certains indicateurs. En retour, les parties prenantes et autres utilisateurs pourraient partager leur avis sur la faisabilité, l'intégrité et la précision des indicateurs et des estimations disponibles. Cette rétrocommunication permettrait d'affiner et d'améliorer les estimations pour la suite. De plus, le travail d'élaboration des indicateurs pour des comparaisons *ex ante* des efforts pourrait également servir dans le cadre de la collecte et l'analyse des données nécessaires en vue des évaluations *ex post*. L'examen rétrospectif des engagements serait plus pertinent et plus efficace si les pays planifiaient leurs évaluations à travers la mise en œuvre de protocoles de collecte et de diffusion des données. En définitive, dans la mesure où Paris n'est que le début d'un processus continu d'engagements politiques, ces optimisations et améliorations renforceraient la confiance entre les pays et les ambitions qui les animent.

Références

- ALDY J. E. et PIZER W. A., 2015, « Comparability of effort in international climate policy », *Review of Environmental Economics and Policy*, à paraître.
- ALDY J. E. et STAVINS R. N., 2012, « Climate negotiators create an opportunity for scholars », *Science* 337, p. 1043-1044.
- ALDY J. E., 2004, « Saving the planet cost-effectively: the role of economic analysis in climate change mitigation policy » in Lutter R. et Shogren J. F. (ed.), *Painting the White House Green: Rationalizing Environmental Policy Inside the Executive Office of the President*, Washington DC, Resources for the Future Press, p. 89-118.
- ALDY J. E., 2014, « The crucial role of policy surveillance in international climate policy », *Climatic Change* 126 (3-4), p. 279-292.
- ALDY J. E., KRUPNICK A. J., NEWELL R. G., PARRY I. W. H. et PIZER W. A., 2010, « Designing climate mitigation policy », *Journal of Economic Literature* 48 (4), p. 903-934.
- ALDY J. E., PIZER W. A. et AKIMOTO K., 2015, « Comparing emissions mitigation efforts across countries », document d'analyse de RFF n° 15-32, Resources for the Future, Washington DC.
- BARRETT S., 2003, *Environment and statecraft: the strategy of environmental treaty-making*, Oxford, Oxford University Press.
- BOSETTI V. et FRANKEL J., 2012, « Politically feasible emission targets to attain 460ppm CO₂ concentrations », *Review of Environmental Economics and Policy* 6 (1), p. 86-109.
- CAZORLA M. et TOMAN M., 2001, « International equity and climate change policy » in *Climate Change Economics and Policy: An RFF Anthology*, Washington DC, Resources for the Future Press.
- DEN ELZEN M.G.J., BERK M., LUCAS P., CRIQUI P. et KITOUS A., 2006, « Multi-stage: a rule-based evolution of future commitments under the climate change convention », *International Environmental Agreements:*

Politics, Law and Economics 6, p. 1-28.

- Département d'État des États-Unis, 2014a, premier rapport biennal des États-Unis d'Amérique à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (disponible en anglais à l'adresse : http://unfccc.int/files/national_reports/biennial_reports_and_iar/submitted_biennial_reports/application/pdf/first_u.s._biennial_report_rev.pdf).
- Département d'État des États-Unis, 2014b, livret de travail relatif à la soumission du rapport biennal selon un format tabulaire commun, 1^{er} mars (disponible en anglais à l'adresse : http://unfccc.int/files/national_reports/biennial_reports_and_iar/submitted_biennial_reports/application/pdf/euc15_2014_v2.o_formatted.pdf).
- GROENENBERG H., BLOK K. et VAN DER SLUIJS J., 2004, « Global triptych: a bottom-up approach for the differentiation of commitments under the climate convention », *Climate Policy* 4 (2), p. 153-175.
- GUPTA J., 2007, « Beyond graduation and deepening: toward cosmopolitan scholarship » in Aldy J.E. et Stavins R.N. (ed.), *Architectures for Agreement: Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press, p. 116-130.
- HOF A.F. et DEN ELZEN M.G.J., 2010, « The effect of different historical emissions datasets on emission targets of the sectoral mitigation approach triptych », *Climate Policy* 10 (6), p. 684-704.
- HÖHNE N., DEN ELZEN M. G. J. et WEISS M., 2006, « Common but differentiated convergence (CDC): a new conceptual approach to long-term climate policy », *Climate Policy* 6 (2), p. 181-199.
- MCKIBBIN W. J., MORRIS A. C. et WILCOXEN P. J., 2011, « Comparing climate commitments: a model-based analysis of the Copenhagen Accord », *Climate Change Economics* 2 (2), p. 79-103.
- MICHAELOWA A., BUTZENGEIGER S. et JUNG M., 2005, « Graduation and deepening: an ambitious post-2012 climate policy scenario », *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 5, p. 25-46.
- NEWELL R. G. et PIZER W. A., 2008, « Indexed regulation », *Journal of Environmental Economics and Management* 56 (3), p. 221-233.
- OSTROM E., 1998, « A behavioral approach to the rational choice theory of collective action: presidential address », *American Political Science Review* 92 (1), p. 1-22.
- Union européenne, 2014a, sixième communication nationale et premier rapport biennal de l'Union européenne à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (disponible en anglais à l'adresse : http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom_/application/pdf/eu_nc6.pdf).
- Union européenne, 2014b, livret de travail relatif à la soumission du rapport biennal selon un format tabulaire commun, 1^{er} mars (disponible en anglais à l'adresse : http://unfccc.int/files/national_reports/biennial_reports_and_iar/submitted_biennial_reports/application/pdf/euc15_2014_v2.o_formatted.pdf).

Chapitre 13

Pour un système efficace de mesure, notification et vérification

Jonathan B. Wiener

L'information est indispensable pour élaborer de bonnes politiques. Nous avons besoin de savoir si les politiques font effet et, si oui, dans quelle mesure et de quelles façons par comparaison avec d'autres possibilités envisageables. Le succès des politiques environnementales, notamment, repose sur la qualité des informations concernant l'étendue des problèmes et les performances relatives d'autres mesures envisageables (Esty, 2004). L'information améliore l'efficacité des politiques et renforce la responsabilité à l'égard du public. Dans le monde entier, de plus en plus de pays adoptent des systèmes de mesure pour analyser les informations liées aux évaluations prévisionnelles ou rétrospectives des politiques (Wiener, 2013).

Quand la loi exige qu'elle soit divulguée par les États ou les entreprises, l'information en elle-même peut servir d'instrument politique en vue de renforcer la responsabilisation, en faisant mieux connaître les actions menées et les résultats obtenus, et afin d'encourager les acteurs à se conformer aux normes établies et à revoir à la hausse leurs ambitions. Comme le disait Jeremy Bentham, « plus on est observé, mieux on se conduit » (Bentham, 1796). Des études empiriques minutieuses montrent que des politiques de divulgation de l'information bien conçues peuvent inciter les acteurs concernés (et soucieux de leur réputation) à opérer des réductions de la pollution encore plus importantes que celles prévues dans la réglementation (Ben-El-Mechaieq et Olmstead, 2008).

D'un autre côté, l'information peut aussi être coûteuse, en raison des dépenses directes liées à sa collecte (d'où les appels à alléger les lourdeurs administratives et à réduire les formalités), mais aussi à cause des effets inhibiteurs que la divulgation exerce sur la prise de décision (d'où l'antagonisme entre les valeurs de confidentialité et de transparence) (Schauer, 2011). L'augmentation des exigences relatives à l'information peut avoir des conséquences variables sur le rapport coût/bénéfice. Le coût de l'information peut fausser les décisions lorsque certains acteurs possèdent davantage de données que d'autres (Stiglitz, 2000). Le manque d'information peut entraver la prise de décision et l'évaluation des mesures ; en revanche, la divulgation excessive d'informations n'est pas non plus souhaitable, car elle submerge les décideurs et les déstabilise (Ben-Shahar et Schneider, 2014).

Dans l'idéal, une politique de l'information cherche à rééquilibrer ce rapport

(Mackaay, 1982, p. 110; Ogus, 1992, p. 116) en concevant des protocoles de notification et en choisissant des systèmes de mesure précis et complets, en élaborant des indicateurs utiles et en ciblant les publics qui s'en servent efficacement, tout cela sans imposer de coûts excessifs, encourager les fuites ou surcharger d'informations les destinataires (Weil *et al.*, 2006; Ben-Shahar et Schneider, 2014).

Qui plus est, lorsque son coût est supporté par des acteurs privés ou des pays tandis que ses avantages sont largement diffusés, l'information (concernant par exemple la protection du climat) prend en soi l'aspect d'un bien public. Les acteurs (les entreprises ou l'État) se sentent donc poussés à réduire leur investissement dans ces biens tout en profitant gratuitement de ceux fournis par d'autres (Barrett, 2003). Si ce phénomène prend de l'ampleur, une action collective s'impose, telle qu'un accord international sur la collecte, le partage et la vérification des informations, autrement dit la mesure, la notification et la vérification.

1. Les enjeux de l'information destinée aux politiques climatiques

Une politique efficace de l'information est plus que jamais une composante essentielle des politiques relatives au changement climatique. Un système de mesure, notification et vérification (MNV) bien conçu est indispensable à la réussite du régime climatique international en pleine évolution (Aldy, 2014; Bellassen et Stephan, 2015). Ce système doit être pensé de façon à optimiser les avantages de l'information tout en réduisant son coût.

Après plus de 20 ans d'existence, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée en 1992, entre désormais dans une nouvelle phase. Le protocole de Kyoto de 1997 avait tenté d'établir des objectifs quantitatifs en matière de limitation des émissions, applicables aux « Pays figurant à l'Annexe I » (généralement, mais pas exclusivement, les pays riches), tout en laissant à chaque gouvernement le choix des mesures à adopter pour les atteindre. En revanche, aucun objectif quantitatif n'a été attribué aux « Pays ne figurant pas à l'Annexe I » (généralement, mais pas exclusivement, les pays à revenu plus faible). Certains grands pays de l'Annexe 1 n'ont pas ratifié les objectifs fixés (p. ex. les États-Unis, alors première nation émettrice au monde, aujourd'hui la deuxième) et certains grands pays hors Annexe 1 sont rapidement devenus des émetteurs de poids (p. ex. la Chine, désormais première nation émettrice au monde).

Le GIEC signale que les pays de l'Annexe 1, sur le plan collectif, ont atteint leurs objectifs cumulés, que ce soient ceux de la CCNUCC (ramener d'ici 2000 l'ensemble des émissions en deçà des niveaux de 1990, grâce notamment au ralentissement de l'activité économique qu'ont connu les pays de l'ex-Union soviétique) comme ceux du protocole de Kyoto (réduire d'ici 2012 l'ensemble des émissions de plus de 5,2 % par rapport aux niveaux de 1990) (GIEC, 2014, section 13.13.1.1, p. 59-60). Cependant, cette réduction des émissions dans les

pays figurant à l'Annexe I, aux termes de la CCNUCC et du protocole de Kyoto, n'a pas suffi à réduire le niveau *mondial* des émissions, parce qu'elle a été surpassée par leur forte augmentation dans les pays hors Annexe 1 (les grands pays en développement) au cours des deux dernières décennies (GIEC, 2014, section 13.13.1.1, p. 60).

Après des pourparlers importants tenus depuis 2009 à Copenhague, Cancún, Durban et Lima, les négociations de Paris en décembre 2015 visent à inaugurer une nouvelle phase de la CCNUCC pour 2020 et au-delà. Ce nouveau régime invite chaque pays à proposer sa propre « contribution prévue déterminée au niveau national » (INDC) qui sera intégrée aux efforts mondiaux, et examinée (et actualisée) dans le temps. Comme pour le protocole de Kyoto, chaque pays peut choisir ses propres mesures en vue de réduire ses émissions de divers gaz à effet de serre (GES) dans différents secteurs économiques (énergie et électricité, transport, agriculture, forêt, etc.) et recourir à des instruments politiques variés : normes techniques et de performance, taxes, marchés d'échange de droits d'émission (nationaux et internationaux), réduction des subventions, mesures d'adaptation, etc. Toutefois, contrairement au protocole de Kyoto, le dispositif INDC permet aux pays d'orienter leurs actions, et de notifier leurs résultats, en fonction de données de référence distinctes, de cibles distinctes et de périodes distinctes. De plus, et c'est une autre différence par rapport au protocole de Kyoto, l'invitation à adopter des INDC concerne maintenant tous les pays. Le mécanisme des INDC doit permettre à chaque État de choisir son propre niveau d'ambition en fonction de sa situation, et faciliter le soutien financier apporté par les pays les plus riches aux pays les plus pauvres.

La souplesse qu'offre la possibilité de définir sa propre INDC peut contribuer à élargir la participation, ce qui est essentiel pour remédier efficacement à des émissions et des effets d'une portée mondiale. (Une participation insuffisante pourrait entraîner l'absence de mesures à l'encontre d'importantes sources d'émissions ou des fuites de carbone entre pays, ce qui mettrait à mal l'efficacité environnementale du nouveau régime.) En revanche, les INDC sont une porte ouverte à l'opportunisme si les pays s'engagent à fournir un effort à peine supérieur à celui qu'ils auraient fourni sans ce système (Barrett, 2003). L'évaluation et la comparaison des efforts proposés dans les différentes INDC ne seront pas une mince affaire (voir la contribution d'Aldy et Pizer à cet ouvrage¹). Elles peuvent en effet présenter des variations à plusieurs niveaux : champs d'application (gaz, secteurs, etc.), calendriers (année de référence, année ciblée, etc.), objectifs (réduction par rapport à une année passée, par rapport à un niveau prévisionnel dans un scénario de *statu quo* ou par rapport à un pic prévu à l'avenir) ou unités de mesure (émissions totales ou émissions par unité d'activité économique). Ce phénomène compliquera les comparaisons entre pays ainsi que l'évaluation des engagements, des résultats réellement obtenus et de la contribution des efforts

1. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer : *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

cumulés à l'échelle mondiale. Il se peut aussi que les pays choisissent des unités de mesure qui rendent difficile la vérification (comme les réductions par rapport à un niveau de *statu quo*, qui constituent un modèle de projection) ou qui permettent de dissimuler l'insuffisance des ambitions et l'opportunisme. Une autre éventualité est que les pays accompagnent les mesures de limitation des émissions d'autres politiques nationales destinées à subventionner leurs industries, autrement dit à « amortir » le fardeau économique résultant des mesures de limitation. L'ampleur des réductions réelles serait ainsi réduite, mais d'une façon difficile à mesurer et à vérifier pour les acteurs extérieurs (Wiener, 1999, qui a forgé le terme de « coussin budgétaire » ; Rohling et Ohndorf, 2012).

De nombreux pays possèdent déjà leur propre système national de MNV. Citons à titre d'exemple le programme *GHG Reporting Rule* aux États-Unis et le mécanisme de notification du système européen d'échange de quotas d'émission (Smith, 2012). Il est possible aussi que des pays unissent leurs efforts dans le cadre de groupes « plurilatéraux » (Stewart, Wiener et Sands, 1996 ; Stewart et Wiener, 2003) ou de « clubs » (Stewart *et al.*, 2013, 2015 ; Nordhaus, 2015 ; Keohane *et al.*, 2015), ce qui nécessitera une autre forme de MNV pour documenter les actions collectives menées.

2. Les rôles clés joués par la MNV dans les politiques climatiques

La MNV est indispensable pour évaluer l'efficacité et les effets de toute politique climatique. La souplesse du dispositif des INDC, et la diversité de leurs modalités et de celles des initiatives menées par les clubs, rendent d'autant plus urgente, mais aussi d'autant plus complexe, la mise au point d'un système efficace de MNV (Stewart *et al.*, 2013, p. 384-391).

La MNV des politiques climatiques jouera plusieurs rôles clés, notamment :

(a) Mesurer les progrès réalisés par les pays dans la mise en œuvre de leur INDC en vue d'atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés. Si un pays ou un club s'engage à atteindre un objectif avant une certaine date, comment les autres acteurs sauront-ils si cet engagement a été respecté ? Comment le pays ou le club en question saura-t-il lui-même ce qui a été accompli ? Sur quoi portera le volet « examen » de la phase « engagement et vérification » (pledge and review) ? La MNV est indispensable pour assurer le suivi de ces résultats et pouvoir en rendre compte.

(b) Comparer d'un pays à l'autre les efforts déployés et les résultats obtenus. Les acteurs voudront savoir dans quelle mesure les engagements sont respectés dans une juridiction par rapport à une autre. Comme l'expliquent Aldy (2014) et Aldy et Pizer (2014, 2015), la MNV est nécessaire pour recueillir les informations relatives à la « surveillance des politiques » et les vérifier, de façon à comparer les efforts des pays ou des clubs. Ce processus de comparaison peut par ailleurs inciter un pays ou un club à revoir à la hausse ses ambitions. Savoir ce que font les autres peut contribuer à renforcer la crédibilité accordée à leurs

efforts et élargir ainsi la participation, améliorer le respect des obligations et élever les ambitions (Barrett, 2003).

(c) Comparer les performances de différentes formes de politique et d'instruments. La comparaison des politiques doit porter sur leur efficacité (p. ex. la réduction des émissions de GES), leurs coûts (coûts directs de conformité du secteur et coûts d'opportunité supportés globalement par la société) et les externalités (tant les avantages que les dommages liés à des résultats d'ordre environnemental, social ou économique) (Wiener, 1995; Shindell, 2015). Par exemple, la réduction des émissions attribuables à la déforestation peut s'accompagner de répercussions sur la biodiversité et les populations locales; remplacer le charbon par le gaz ou le nucléaire peut réduire les émissions de CO₂ et d'autres polluants atmosphériques classiques, mais aussi accroître d'autres risques; l'énergie solaire et éolienne peut affecter la biodiversité; la production de biocarburants peut exercer des effets sur la déforestation et les prix alimentaires; etc. La comparaison des différentes formes de politique et de leurs performances va au-delà d'un examen général des efforts nationaux; elle consiste à analyser à une échelle plus détaillée la rentabilité et le rapport coût/bénéfice des différentes solutions mises en œuvre au sein des pays. Elle fait suite à l'article 4(1)(f) de la CCNUCC, qui réclame une évaluation des effets produits par les politiques d'atténuation. Le partage entre pays de ces informations peut favoriser la diffusion au niveau international de politiques mieux conçues (Wiener, 2013). Cela étant dit, comme l'indiquent Aldy et Pizer (2014, 2015), les différentes méthodes utilisées pour comparer différents types de mesures nationales feront appel à des critères distincts, mais aucune d'entre elles ne remplira tous ces critères. Aldy (2014, p. 282) fait remarquer qu'il est possible de choisir entre comparer les efforts et comparer les résultats, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients. Dans l'idéal, la MNV devrait porter à la fois sur les efforts et les résultats afin d'établir un lien entre le contenu de la politique et ses effets de façon à aider les autorités à identifier les meilleures approches. L'évaluation des performances des politiques actuelles rend nécessaire un système élargi de MNV qui couvre à la fois les politiques en question et d'autres changements, comme d'autres politiques pouvant annuler les efforts fournis (p. ex. le « coussin budgétaire » des subventions énergétiques, voir Wiener, 1999).

(d) Faire la somme des progrès réalisés par l'ensemble des pays en vue d'atteindre les objectifs mondiaux de protection du climat. Par exemple, pour évaluer la probabilité que l'effort collectif permette de limiter le réchauffement planétaire moyen à 2 °C au-dessus des températures préindustrielles, ou tout autre objectif fixé à l'échelle mondiale, un système de MNV sera nécessaire afin de recueillir et de vérifier les données de chaque juridiction et de les agréger à l'aide d'une unité de mesure commune.

(e) Faciliter l'établissement de liens entre les pays. Par exemple :

- La connexion des marchés d'échange de droits d'émission entre pays ou clubs peut faire appel à la MNV (utilisant des unités de mesure communes) afin d'assurer le suivi des transactions et de vérifier que les transferts de

droits constituent des réductions réelles qui respectent les limites d'émission en vigueur dans la juridiction de l'acheteur (Stewart, Wiener et Sands, 1996; Wiener, 1999; Stewart *et al.*, 2013; Bodansky *et al.*, 2014; Keohane *et al.*²; Stavins³). Pareillement, un système commun de MNV peut faciliter les échanges entre les États membres d'une même entité (telle que l'UE ou les États-Unis) ou d'un club plurilatéral, voire autoriser des échanges multi-États sans que ceux-ci ne se soient entendus sur une connexion officielle de leurs marchés (comme proposé par Monast *et al.*, 2015, et défini par l'Agence américaine de protection de l'environnement dans la dernière version de son Clean Power Plan, publiée en août 2015).

– Une taxe carbone internationale, ou des taxes carbone nationales coordonnées (Wang et Murisic⁴), nécessiteraient un système de MNV appliqué aux émissions afin de garantir que la taxe est acquittée et de vérifier son efficacité dans la réduction des émissions. Une taxe sur les émissions est plus susceptible qu'une approche quantitative de donner lieu à des formes de « coussin budgétaire » difficiles à mesurer et à vérifier (Wiener, 1999; Rohling et Ohndorf, 2012). Mais l'idée générale reste que, quel que soit l'instrument utilisé pour limiter les émissions, la MNV devra également s'appliquer aux autres politiques afin d'évaluer l'effet global. Dans ce cadre-là, la MNV relative au climat pourra tirer des enseignements d'autres mesures d'évaluation des politiques budgétaires générales, telles que les évaluations de la stabilité macroéconomiques réalisées par le FMI.

– Pour apporter l'aide internationale financière et technique là où elle fait le plus défaut ou là où elle est la plus efficace, un système de MNV sera nécessaire pour mesurer ses résultats (Carraro et Massetti, 2012).

– Si les pays adoptent des mécanismes d'ajustement aux frontières visant à traiter les émissions incorporées dans les importations de la même façon (non discriminatoire) que les émissions attribuables à la production intérieure (p. ex. une taxe carbone ou un quota obligatoire aux frontières, applicables aux importations) (Fischer⁵; Nordhaus, 2015), la MNV devra évaluer les politiques en matière d'émission en vigueur dans le pays d'où proviennent les importations (autrement dit le pays exportateur) pour adapter le champ d'application du mécanisme d'ajustement aux frontières dans le pays importateur.

(f) Favoriser une actualisation modulable des politiques et des méthodes de MNV dans le temps. En mesurant les performances réelles des politiques climatiques, la MNV rend possible une évaluation rétrospective ou répétée des performances, une forme de prise de décision qui se fonde sur des don-

2. Voir le chapitre 14 de ce volume par D.G. Victor et R.O. Keohane: *Après l'échec des mécanismes top down: le rôle d'une gouvernance expérimentale du climat.*

3. Voir le chapitre 20 de ce volume par R.N. Stavins: *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat.*

4. Voir le chapitre 19 de ce volume par X. Wang et M. Murisic: *Taxation du carbone: situation actuelle et perspectives.*

5. Voir le chapitre 21 de ce volume par C. Fischer: *Options pour éviter les fuites de carbone.*

nées probantes et qui permet une actualisation planifiée mais modulable des politiques dans le temps (McCray *et al.*, 2010). De plus, en testant différents systèmes de MNV (p. ex. en définissant des coefficients d'émission par défaut tout en invitant les sources à affiner leur système de MNV), il est possible d'apporter des améliorations modulables aux méthodes de MNV elles-mêmes (Wiener, 1994; Aldy, 2014, p. 281, 283, 289).

3. Améliorer la MNV pour compléter la politique climatique

L'importance de la MNV a été admise lors des accords climatiques antérieurs, tels que ceux portant sur les communications et les inventaires relatifs aux émissions prévus par la CCNUCC. Mais ce système de MNV reste incomplet : les mesures portant sur les sources, les secteurs et les gaz présentent des lacunes, la notification réalisée par différents groupes de pays est irrégulière et les vérifications manquent de cohérence, avec des différences au niveau des types d'auditeurs, de l'échelle (pays, entreprise, site du projet) et des contrats de paiement (Aldy, 2014, p. 285-288; Bellassen et Stephan, 2015). Les données relatives à certaines sources ou à certains pays sont aléatoires et l'investissement marginal en faveur de la MNV ne correspond pas toujours à la valeur marginale de l'information (ou « matérialité », voir Bellassen *et al.*, 2015). Parallèlement, dans certains protocoles de MNV, le coût par tonne d'émission est déjà relativement peu élevé, ce qui donne des raisons de croire qu'un système plus performant de MNV peut être mis en place sans générer de dépenses excessives (Bellassen et Stephan, 2015; Bellassen *et al.*, 2015).

Certains accords internationaux conclus dans le passé se sont accompagnés de systèmes efficaces de MNV, comme ceux concernant la maîtrise des armements et la non-prolifération des armes nucléaires (Ausubel et Victor, 1992). Il est possible d'en tirer des enseignements applicables à la politique climatique. Dans le cadre des accords sur la maîtrise des armements, les États sont invités à s'autoréglementer (ou à réglementer leurs forces militaires), tandis que les accords internationaux sur le climat prévoient que les États réglementent des acteurs privés infranationaux ou transnationaux, ce qui peut compliquer la MNV appliquée aux actions climatiques (Ausubel et Victor, 1992). Qui plus est, la maîtrise et la non-prolifération des armes étant perçues comme fondamentales au niveau national, elles ont attiré des investissements considérables en faveur de la MNV. En revanche, les avantages internationaux collectifs tirés de l'action climatique n'engendrent pas une motivation aussi puissante. D'un autre côté, la MNV appliquée à l'action climatique est plus aisée, puisque les mesures visant à limiter les émissions peuvent être contrôlées sur plusieurs années, alors que les accords de maîtrise et de non-prolifération des armements nécessitent une détection très rapide voire immédiate des cas de non-respect des obligations. Bien entendu, les accords de maîtrise et de non-prolifération des armements ont parfois échoué et certains d'entre eux ont été rejetés quand leur système de MNV n'a pas été à la hauteur des exigences. Par exemple,

le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE) s'est heurté à l'objection selon laquelle les essais souterrains étaient difficiles à surveiller, et le traité de non-prolifération nucléaire signé avec l'Iran en 2015 fait l'objet d'après discussions concernant l'efficacité de ses dispositifs de MNV, y compris sur les limites des inspections immédiates prévues par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) (pour de plus amples informations sur ces débats, voir Welsh, 2015).

En revanche, les traités qui se sont révélés efficaces se fondaient souvent sur une combinaison de plusieurs stratégies de MNV, comprenant non seulement la notification au niveau national (que les autres parties peuvent juger non crédible) mais aussi des inspections sur place (y compris des inspections réalisées à l'improviste dans le pays par des équipes de spécialistes), des indicateurs visibles de non-respect et des vérifications par télédétection à l'aide de « moyens techniques nationaux » tels que des satellites (Ausubel et Victor, 1992). La télédétection par satellite (parfois complétée par des télescopes ou des détecteurs *in situ*) permet de surveiller les changements affectant l'occupation des sols et la couverture forestière (GFOI, 2014). La télédétection peut également évaluer l'état des équipements et des technologies jouant un rôle majeur, tels que les projets de captage et stockage du carbone, les infrastructures d'adaptation et les projets de géo-ingénierie. Mais ces évaluations à distance ne pourront se passer d'observateurs sur place pour vérifier les changements réels, et le signalement de l'installation de technologies spécifiques devra être confirmé en vue de s'assurer que ces technologies fonctionnent effectivement et réduisent bel et bien les émissions ou les dommages. Des satellites surveilleront prochainement les flux d'émission de GES en provenance des différents pays. Le satellite de télédétection Orbiting Carbon Observatory 2 (OCO-2), lancé par la NASA en juillet 2014, effectuera depuis l'espace des mesures de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère avec la précision, la résolution et la couverture nécessaires pour identifier les sources et les puits à une échelle régionale (NASA, 2015). Le satellite OCO-3 sera lancé fin 2016 (voir la page https://en.wikipedia.org/wiki/Orbiting_Carbon_Observatory). Les accords de pêche ont également fait appel à des satellites et à des systèmes de surveillance des navires, pour assurer le suivi des prises de pêche et du déplacement des bateaux. De même, la MNV relative à l'action climatique peut recourir à la détection par satellite et aux inspections *in situ*, complétées par des audits menés par un tiers neutre (entreprises d'audit, organisations environnementales à but non lucratif ou organisations intergouvernementales).

Comme évoqué précédemment, l'information comporte des avantages mais génère également des coûts. Des systèmes de MNV plus précis et plus exhaustifs favoriseront la transparence, la responsabilité et la comparabilité. Ils peuvent aussi renforcer la crédibilité et la confiance mutuelle, et ainsi élargir la participation. Ils rendent possibles l'évaluation, l'agrégation, la comparaison, l'évaluation de la conception des politiques, les connexions entre pays et l'apprentissage modulable. Cela étant dit, améliorer la précision et l'exhaustivité de la MNV peut aussi représenter un coût. Dans certains cas, un périmètre

plus étendu n'apporte que des avantages : élargir les bénéfices nets visés en termes de réduction des émissions de GES, favoriser les externalités positives liées à la qualité de l'air, éviter les externalités négatives liées à d'autres gaz ou aux technologies de substitution (Wiener, 1995 ; Shindell *et al.*, 2012 ; Shindell, 2015). Mais dans d'autres, il n'en résulte que des gains limités pour une dépense élevée, par exemple lorsqu'on abaisse le seuil de notification pour qu'il englobe les installations de petite taille (Bellassen *et al.*, 2015, p. 324-325). La prise en compte des petits émetteurs peut se faire par l'estimation des coefficients d'émission (McAllister, 2010). Si la MNV coûte cher, non seulement les avantages nets obtenus risquent d'être plus limités, mais les pays pourront par ailleurs être tentés de négliger la notification ou de prendre des engagements moins ambitieux par peur des frais encourus.

Le nouveau régime climatique peut réaliser des progrès en concevant des dispositifs de MNV qui recueillent les données nécessaires avec exactitude d'une manière acceptable, voire attrayante, pour les pays. Un système de MNV pesant décourage la participation et minimise les ambitions, tandis qu'un système abordable mais efficace les favorise. Au nombre des éléments fondateurs d'un tel système, citons : l'aide financière internationale pour les mesures et la notification (Aldy, 2014, p. 284, 290) ; la notification régulière au niveau national dans le respect des directives de MNV et des protocoles de notification internationalement reconnus ; des projections normalisées de *statu quo* issues d'opérations conjointes de modélisation réalisées par des spécialistes ; des inspections sur place par des équipes conjointes d'experts ; la télédétection des sources, puits et flux d'émissions (liés p. ex. à la production d'énergie, au transport, aux processus, aux changements affectant l'occupation des sols ou aux forêts/REDD+) (Esty, 2004, p. 156, 177) ; et des vérifications effectuées par des auditeurs indépendants, payés par des fonds neutres, tels que la CCNUCC, un autre organisme des Nations Unies, le GEF, la Banque mondiale ou d'autres fonds affectés à la MNV (et non par les pays ou les acteurs audités afin d'éviter les conflits d'intérêts qui conduiraient les auditeurs à exagérer les réalisations, comme ce fut le cas pour les agences de notation des marchés boursiers). Les données relatives aux émissions et aux effets produits par les politiques doivent être interprétées de façon impartiale en unités de performance homogènes pour faciliter la comparaison, l'agrégation, l'évaluation de la conception des politiques et leur actualisation modulable. Les enseignements tirés des méthodes de MNV doivent être partagés entre les pays, par exemple par l'intermédiaire d'un bureau central neutre. Les pays à revenu plus faible pourront avoir besoin d'une aide financière pour mettre en œuvre un système efficace de MNV. Les pays à revenu plus élevé pourront considérer cette aide comme mutuellement bénéfique, car l'amélioration de la MNV peut contribuer à réduire le niveau mondial des émissions, à renforcer la confiance, à décourager l'opportunisme, à détecter et éviter les fuites, et à faciliter la création de liens.

Le périmètre de la MNV (ce qu'elle mesure et donc les données qui doivent faire l'objet d'un suivi) doit être défini de façon à maximiser les avantages nets qu'elle procure. Un périmètre étendu permet une évaluation plus complète

des effets, mais réclame davantage d'informations et d'analyses; un périmètre plus restreint permet de réduire les coûts de l'information et des analyses, mais ne prend pas en compte, voire encourage, les effets négatifs imprévus qui nuisent aux objectifs plus généraux (Wiener, 1995). Afin d'être parfaitement exhaustif (un critère souligné dans l'article 3(3) de la CCNUCC), le périmètre de la MNV doit englober toutes les politiques climatiques pertinentes, non seulement les mesures d'atténuation choisies dans le cadre de chaque INDC mais aussi l'ensemble des GES de tous les secteurs (tant ceux visés par les INDC que ceux qui ne sont pas encore ciblés mais sont susceptibles d'affecter le climat); les puits (tels que les forêts/REDD+); les externalités positives (p. ex. la qualité de l'air et la santé publique, qui peuvent élargir la participation et stimuler les ambitions dans tous les pays, notamment ceux en développement) (Shindell *et al.*, 2012; Shindell 2015); les externalités négatives (conformément à l'article 4(1)(f) de la CCNUCC; pour de plus amples informations sur la façon d'éviter les effets secondaires préjudiciables, consulter Wiener, 1995); et les coûts (pour pouvoir comparer la conception des politiques). Ce périmètre doit aussi englober tous les pays, même ceux n'ayant pas adopté de INDC (ambitieuse), afin de surveiller et d'empêcher les fuites de carbone en provenance de pays réglementés vers des pays qui le sont moins.

Un système exhaustif de MNV doit par ailleurs s'appliquer à des politiques climatiques qui ne concernent pas les limites d'émission, telles que la recherche et le développement (R&D) technologiques, le financement, l'adaptation et la géo-ingénierie (gestion du rayonnement solaire ou GRS). Si les mesures d'adaptation sont largement portées par les avantages qu'elles procurent sur le plan local, la notification qui s'y rapporte peut à l'échelle internationale servir à diffuser d'une juridiction à une autre les enseignements tirés des bonnes pratiques et permettre ainsi de relier le financement international de l'adaptation à des résultats démontrés. La notification relative aux projets de recherche sur la GRS pourrait s'avérer essentielle pour diffuser l'information sur les avantages et les inconvénients des différentes possibilités de mise en œuvre de cette technologie (Keith *et al.*, 2010) et pour éviter l'exécution de projets de GRS risqués (GIEC, 2014, section 13.4.4). Contrairement aux limites d'émission, qui découragent l'opportunisme et le goût du moindre effort, la GRS peut décourager les volontés d'endosser unilatéralement le rôle de précurseur. Par conséquent, la coopération internationale peut viser à ralentir toute forme précipitée de GRS. La MRV de ce type de technologie serait davantage apparentée à celle de la maîtrise et de la non-prolifération des armements (GIEC, 2014, section 13.4.4; voir Barrett et Moreno-Cruz⁶): comparé aux réductions d'émissions, elle nécessiterait de mettre davantage l'accent sur les avertissements rapides et en temps réel, grâce à la télédétection et à la vérification au moyen d'inspections *in situ*.

Le manque de précision des mesures dans certains secteurs ne doit pas

6. Voir le chapitre 25 de ce volume par S. Barrett et J. Moreno-Cruz: *Réduction des émissions ou géo-ingénierie solaire et du carbone?*

mener à passer sous silence ou dédaigner les efforts de réduction d'émissions qui y sont déployés (pour connaître les secteurs concernés, consulter Bellassen *et al.*, 2015) ; il montre plutôt la nécessité d'adapter les mérites au degré d'exactitude de la MNV, afin d'encourager les acteurs à améliorer les méthodes de MNV et à augmenter la précision des mesures (Wiener, 1994).

Conclusion

Le nouveau régime climatique n'est pas un traité unique, mais un ensemble complexe d'accords, de INDC, de clubs et de réseaux transnationaux (Keohane et Victor, 2011, 2015 ; Stewart *et al.*, 2013, 2015 ; GIEC, 2014, sections 13.3-13.4). Un système exhaustif de MNV devrait être appliqué aux mesures climatiques prévues non seulement par la CCNUCC mais aussi par d'autres accords internationaux portant sur le climat, tels que le protocole de Montréal et ses limites de GES, l'accord international sur l'aviation (OACI) et le réseau des villes sobres en carbone (Stewart *et al.*, 2013).

Ce que nous mesurons exerce une grande influence sur ce que nous gérons. Le futur système de MNV (y compris son périmètre et ses coûts) jouera un rôle important dans l'orientation des politiques climatiques adoptées et mises en œuvre par les pays. Sa définition reposera sur ses avantages, ses coûts et sa capacité à gagner la participation de pays clés, par exemple en maintenant les coûts à un niveau raisonnable et en soulignant les externalités positives produites localement, notamment en ce qui concerne la qualité de l'air et l'adaptation.

Après la COP21 de Paris, même si le régime de la politique climatique élaboré constitue un ensemble complexe et parcellaire d'une grande variété d'engagements et d'institutions, il faudra mettre en place un système de MNV exhaustif qui englobe tous les éléments et les acteurs de ce régime. La MNV en soi coûtera sans doute moins cher que les mesures de limitation des émissions, tout en augmentant les avantages nets qu'elles procurent. Investir dans un système de MNV bien conçu et exhaustif comportera vraisemblablement des avantages, car en mettant en place des mesures de réduction (coûteuses) accompagnées d'un système de MNV insuffisant (quand il existe), on court le risque de manquer par la suite d'informations permettant de juger de leur efficacité. Un système complet de MNV couvrirait tous les gaz, tous les secteurs et tous les effets mentionnés précédemment. Il faciliterait l'évaluation et la comparaison des politiques nationales, l'agrégation au niveau mondial des efforts, l'évaluation de la conception des politiques, l'établissement de liens et l'apprentissage modulable, autant de fonctions de première importance. En vue de maintenir les coûts à un niveau faible et de créer des partenariats public-privé innovants, des composantes de ce système étendu de MNV pourraient être confiées à des acteurs distincts, tels que des organisations intergouvernementales, des gouvernements nationaux, des bureaux d'audit, des chercheurs universitaires, des organisations à but non lucratif et des entre-

prises privées. La prise en charge des externalités, positives et négatives, et de l'adaptation par la création de connexions au service du financement et de l'échange de droits d'émission, comme nous l'avons évoqué précédemment, permettrait de concevoir des politiques bénéfiques sur le plan social et de stimuler davantage la participation des pays à faible revenu et des pays riches. La MNV des projets de géo-ingénierie de type GRS jouera un grand rôle pour diffuser les connaissances et empêcher des déploiements précipités. Au final, un système complet de MNV fournirait les informations indispensables pour évaluer et favoriser la réussite du régime climatique.

Références

- ALDY J.E., 2014, « The crucial role of policy surveillance in international climate policy », *Climatic Change* 126, p. 279-292.
- ALDY J.E. et PIZER W. A., 2014, « Comparability of effort in international climate policy architecture », version provisoire (31 décembre) (disponible en anglais à l'adresse : http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/dp62_aldy-pizer.pdf).
- AUSUBEL J. H. et VICTOR D. G., 1992, « Verification of international environmental agreements », *Annual Review of Energy and Environment* 17, p. 1-43.
- BARRETT S., 2003, *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*, Oxford, Oxford University Press.
- BELLASSEN V. *et al.*, 2015, « Monitoring, reporting and verifying emissions in the climate economy », *Nature Climate Change* 5, avril, p. 319-328.
- BELLASSEN V. et STEPHAN N. (éd.), 2015, *Accounting for Carbon: Monitoring, Reporting and Verifying Emissions in the Climate Economy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BENNEAR L. S. et OLMSTEAD S. M., 2008, « The impacts of the “right to know”: information disclosure and the violation of drinking water standards », *Journal of Environmental Economics and Management* 56, p. 117-130.
- BEN-SHAHAR O. et SCHNEIDER C. E., 2014, *More Than You Wanted to Know: The Failure of Mandated Disclosure*, Princeton, Princeton University Press.
- BENTHAM J., 1796, « Farming defended » in M. Quinn (éd.), 2001, *Writings On The Poor Laws*, vol. 1, Oxford, Oxford University Press, 2001, p. 276-277.
- BODANSKY D., HOEDL S., METCALF G. et STAVINS R., 2014, « Facilitating Linkage of Heterogeneous Regional, National, and Sub-National Climate Policies through a Future International Agreement », Harvard Project on Climate Agreements (novembre).
- CARRARO C. et MASSETTI E., 2012, « Beyond Copenhagen: A realistic climate policy in a fragmented world », *Climatic Change* 110, p. 523-542.
- Esty D., 2004, « Environmental protection in the information age », *NYU Law Review* 79, p. 115-211.
- GFOI, 2014, « Intégration des données de télédétection et d'observation au

sol pour l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre dans les forêts : Méthodes et pratiques recommandées par Initiative mondiale pour l'observation des forêts », Genève, Groupe sur l'observation de la Terre (disponible à l'adresse : http://www.gfoi.org/wp-content/uploads/2015/04/GFOIMGD_French.pdf).

- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2014, cinquième Rapport d'évaluation (RE5), groupe de travail III : Mitigation of Climate Change, chapitre 13, « International Cooperation: Agreements and Institutions », disponible à l'adresse : <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>.
- KEITH D. W., PARSON E. et MORGAN M. G., 2010, « Research on global sun block needed now », *Nature* 463, p. 426-427.
- KEOHANE N., PETSONK A. et HANAFI A., 2015, « Toward a Club of Carbon Markets », Environmental Defense Fund, 20 avril.
- KEOHANE R. O. et VICTOR D. G., 2011, « The regime complex for climate change », *Perspectives on Politics* 9, p. 7-23.
- MACKAAY E., 1982, *Economics of Information and Law*, Dordrecht, Springer.
- MCALLISTER L. K., 2010, « The Enforcement Challenge of Cap-and-Trade Regulation », *Environmental Law* 40, p. 1195-2010.
- MCCRAY L. E., OYE K. A. et PETERSEN A. C., 2010, « Planned adaptation in risk regulation », *Technological Forecasting & Social Change* 77, p. 951-959.
- MONAST J., PROFETA T., TARR J. et MURRAY B., 2015, « Enhancing Compliance Flexibility under the Clean Power Plan: A Common Elements Approach to Capturing Low-Cost Emissions Reductions », Policy Brief 15-01, Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University.
- NASA, 2015, « Orbiting Carbon Observatory 2: Mission Overview », 30 juillet (disponible en anglais à l'adresse : http://www.nasa.gov/mission_pages/oco2/overview).
- NORDHAUS W., 2015, « Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy », *American Economic Review* 105, p. 1339-1370.
- OGUS A. I., 1992, « Information, Error Costs and Regulation », *International Review of Law & Economics* 12, p. 411-421.
- ROHLING M. et OHNDORF M., 2012, « Prices versus Quantities with Fiscal Cushioning », *Resource & Energy Economics* 34, p.169-187.
- SCHAUER F., 2011, « Transparency in three dimensions », *University of Illinois Law Review* 2011, p. 1339-1357.
- SHINDELL D. T., 2015, « The social cost of atmospheric release », *Climatic Change* 130, p. 313-326.
- SHINDELL D. T. et al., 2012, « Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security », *Science* 335, p.183-189.
- SMITH B., 2012, « Transnational Carbon Trading Standards: Improving the Transparency and Coordination of Post-Kyoto Carbon Trading Markets », *Pace Environmental Law Review* 30 (1), p. 325.
- STEWART R. B., Oppenheimer M. et Rudyk B., 2013, « Building Blocks for Global Climate Protection », *Stanford Environmental Law Review* 32,

- p. 341-392.
- STEWART R. B., Oppenheimer M. et Rudyk B., 2015, « Une stratégie modulaire pour faire face au changement climatique mondial », chapitre 15 dans Barrett S., Carrao C. et de Melo J. (dir.), *Vers une politique du climat réaliste et efficace*, Ferdi, Clermont-Ferrand et Economica, Paris.
 - STEWART R. B. et WIENER J. B., 2003, « Reconstructing Climate Policy: Beyond Kyoto », Washington DC, American Enterprise Institute Press (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.aei.org/publication/reconstructing-climate-policy/>).
 - STEWART R. B., WIENER J. B. et SANDS P., 1996, « Legal Issues Presented by a Pilot International Greenhouse Gas (GHG) Trading System », Genève, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (disponible en anglais à l'adresse : http://www.law.duke.edu/fac/wiener/UNCTAD_Greenhouse_Gas_Trading_System.pdf).
 - STIGLITZ J. E., 2000, « The contributions of the economics of information to twentieth century economics », *Quarterly Journal of Economics* 115, p. 1441-1478.
 - WEIL D., FUNG A., GRAHAM M. et FAGOTTO E., 2006, « The effectiveness of regulatory disclosure policies », *Journal of Policy Analysis and Management* 25, p. 155-181.
 - WELSH T., 2015, « Monitoring Iran: A Hopeless Task? », US News and World Report, 24 juillet (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.usnews.com/news/articles/2015/07/24/iaea-monitoring-irans-nuclear-compliance-a-hopeless-task>).
 - WIENER J. B., 1994, « Solving the precautionary paradox: policy approaches to improve measurement of greenhouse gas sources and sinks » in Van Ham J., Janssen L.J.H. M. et Swart R.J. (éd.), *Non-CO₂ Greenhouse Gases: Why and How to Control*, Dordrecht, Springer, p. 527-532.
 - WIENER J. B., 1995, « Protecting the Global Environment » in Graham J.D. et Wiener J.B. (éd.), *Risk vs. Risk: Tradeoffs in Protecting Health and the Environment*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, Harvard University Press.
 - WIENER J. B., 1999, « Global Environmental Regulation: Instrument Choice in Legal Context », *Yale Law Journal* 108, p. 677-800.
 - WIENER J. B., 2013, « The Diffusion of Regulatory Oversight » in Livermore M.A. et Revesz R.L. (éd.), *The Globalization of Cost-Benefit Analysis in Environmental Policy*, Oxford, Oxford University Press.

Chapitre 14

Après l'échec des mécanismes *top-down* : le rôle d'une gouvernance expérimentale du climat¹

Robert O. Keohane, David G. Victor

L'incapacité du processus de Kyoto à créer un régime international efficace et intégré reflète le manque de volonté des grands États, compte tenu des incertitudes, de s'engager en faveur d'un ensemble d'objectifs et d'un calendrier exigeants. Cette situation, associée à d'importants conflits d'intérêts et à une fragmentation des pouvoirs et des capacités, a donné naissance à un « complexe de régimes » décentralisé sur le changement climatique, au lieu d'un régime international intégré. Les approches *top-down* ayant échoué, il est important de réfléchir à des dispositifs *bottom-up* plus expérimentaux qui décomposeraient les problèmes en petites unités facilitant les essais et l'acquisition de connaissances. Pour qu'une telle approche puisse traiter efficacement les questions liées au changement climatique, il faut accomplir trois tâches : (1) les participants doivent exprimer clairement leurs objectifs communs ; (2) ceux qui favorisent l'inaction doivent être sévèrement sanctionnés – par le biais d'une « règle supplétive répulsive » qui peut susciter la coopération lorsque celle-ci n'est pas spontanée ; et (3) des institutions doivent être mises en place afin d'évaluer les engagements nationaux et aider à les coordonner. Dans le meilleur des cas, la conférence de Paris donnera l'impulsion à un processus qui soutiendra l'acquisition de connaissances et la coopération et qui, à terme, pourrait modifier les politiques de coopération sur la question du changement climatique.

L'incapacité du processus de Kyoto à créer un régime international efficace et intégré a fait émerger ce que nous appelons un « complexe de régimes » sur le changement climatique (Keohane et Victor, 2011). Nous interprétons ces efforts de réglementation décentralisés, qui se chevauchent parfois, comme le reflet d'importants conflits d'intérêts et d'une fragmentation des pouvoirs et des capacités. La question qui se pose aujourd'hui est de savoir s'il existe une voie réaliste et efficace pour avancer. Les calendriers et les objectifs contraignants n'ont pas fonctionné et ont attiré peu de pays en dehors de l'UE, signe

.....
1. Nous remercions Ottmar Edenhofer, Bryce Rudyk, Michael Oppenheimer, Richard Stewart et Charles Sabel pour les discussions que nous avons eues. Cet chapitre est en partie basé sur Keohane (2015) et Sabel et Victor (2015).

que les approches *top-down* ont échoué. Nous développerons cet aspect dans la section 1 puis examinerons dans la section 2 comment les approches *bottom-up* peuvent évoluer vers des solutions productives.

1. L'approche *top-down* : un échec avec de piètres perspectives

Il est désormais largement admis que l'approche de Kyoto a échoué. Hormis l'obligation de rapport, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée en 1992, contenait peu de mesures spécifiques et aucun engagement significatif. Dans le Mandat de Berlin, conclu en 1995, les pays riches ont accepté de dispenser les pays en développement des obligations sans qu'aucune période de retrait progressif n'ait été clairement définie. Or, les pays en développement ont enregistré une croissance rapide. La Chine est aujourd'hui, de loin, le plus gros émetteur et les émissions des autres pays en développement augmentent à un rythme soutenu (GIEC, 2014). Les pays en développement sont très soucieux, et c'est légitime, de s'assurer que les mesures sur le changement climatique ne les maintiendront pas dans la pauvreté en ralentissant la croissance économique. Cependant, une fois titulaires de ce droit d'émettre, les pays considérés comme « en développement » se sont montrés peu disposés à l'abandonner, même lorsque leur croissance et leurs émissions se sont accélérées. Et les pays riches – pas uniquement les États-Unis, mais aussi l'Australie, le Canada et, plus tard, le Japon – étaient réticents à accepter des restrictions coûteuses de leurs émissions, qui ne résoudre pas le problème tant que les émissions des pays en développement continueraient d'augmenter aussi rapidement. L'UE, essentiellement guidée par ses besoins politiques internes, a constitué une exception notoire en mettant en place d'onéreux contrôles. Toutes ces divergences ont conduit à une impasse diplomatique (Victor, 2011 ; Hale *et al.*, 2013).

Dans ce contexte, on peut aisément comprendre que Kyoto ait été davantage une façade qu'un véritable plan de coordination des politiques. Le protocole a entériné des mesures que les pays auraient de toute façon fini par mettre en œuvre (sauf peut-être les États-Unis qui ne l'ont jamais ratifié) et a été truffé d'astuces comptables qui ont aussi généré des abus. Le cas du Mécanisme de développement propre (MDP) est particulièrement frappant : il prévoyait que les gouvernements hôtes chercheraient à obtenir la certification des crédits proposés pour des projets et traiteraient auprès de vérificateurs dont les futures activités dépendaient justement d'eux. Les acheteurs de crédits étaient peu incités à s'assurer de l'authenticité des projets : seule comptait la certification des crédits. Sans surprise, certaines estimations montrent qu'un grand nombre de permis ont été accordés pour de fausses réductions d'émissions (Wara, 2008). Le MDP a même eu des effets pervers en limitant l'intérêt pour les gouvernements des pays en voie de développement de mettre en œuvre des politiques de réduction permanente des émissions au profit de politiques maintenant un

niveau élevé d'émissions mais permettant de bénéficier des crédits pour des projets à bases de fortes émissions.

Le protocole de Kyoto a donc échoué sur deux plans : à l'intérieur du dispositif, les pays n'étaient pas incités à s'engager en faveur d'objectifs ambitieux, et encore moins d'objectifs juridiquement contraignants ; et à sa périphérie, de nombreux dysfonctionnements caractéristiques des organisations internationales ont émergé.

Le cycle actuel de négociations se base sur un système d'engagement et de vérification (ou système *pledge and review*). Certains donnent à cette méthode de négociation d'engagements internationaux décomposés en petits groupes le nom d'« approche modulaire ». D'autres parlent de construire des « coalitions de volontaires » (Falkner *et al.*, 2013 ; Stewart *et al.*, 2013). Aujourd'hui, les diplomates du climat appellent officiellement ces engagements *bottom-up* des « contributions prévues déterminées au niveau national » (INDC). Dans le système d'engagement et de vérification, les objectifs ne sont pas juridiquement contraignants. Cependant, une fois que les engagements sont annoncés et acceptés, on attend des États qu'ils les tiennent car il en va de leur réputation. Ce processus est déjà en marche : par exemple, les États-Unis et la Chine ont annoncé des engagements bilatéraux en novembre 2014. Les États-Unis ont été incités à formuler des engagements sérieux de façon à encourager la Chine à faire de même (la réciprocité joue souvent un rôle important en politique). Cependant, les motivations pour que ce processus fonctionne restent limitées. La Déclaration de Lima de décembre 2014 invitait les pays à communiquer des objectifs avant le 31 mars 2015. Mais lorsque l'échéance est arrivée, seule une poignée de parties (les États-Unis, l'UE et quelques autres) avaient pris la peine d'annoncer des engagements. L'échéance de planification pour ces engagements a été reportée à début octobre 2015, ce qui ne laisse au secrétariat de la CCNUCC qu'un mois pour déterminer les conséquences de tous ces engagements sur la santé globale de la planète, et il y a de bonnes raisons d'être pessimiste. De fait, un nombre croissant d'études montrent qu'en réalité, les objectifs largement débattus visant à limiter le réchauffement climatique à 2 °C sont impossibles à atteindre et que les modèles utilisés pour analyser ces scénarios se fondent sur des hypothèses technologiques et politiques irréalistes (Fuss *et al.*, 2014). De même, les grands espoirs soulevés à Lima de mettre au point des mécanismes de vérification solides capables de suivre la mise en œuvre des actions et leur conformité avec les INDC sont, pour l'instant, davantage source de désaccord que de renforcement pratique des institutions.

On peut considérer le système d'engagement et de vérification sous deux angles. Les cyniques diront qu'il s'agit juste d'un euphémisme pour traduire l'absence de modification significative des politiques. Dans ce contexte, le dispositif d'engagement et de vérification constitue ce que Stephen D. Krasner appelle une « hypocrisie organisée », c'est-à-dire qu'on fait semblant de prendre des mesures sérieuses sans rien changer dans la pratique (Krasner, 1999). Sur le terrain, en Asie, la tendance est résolument à la hausse des émissions. En Inde et au Viet Nam, de nombreuses centrales à charbon sont soit en construction,

soit à un stade de planification avancé. En Inde, par exemple, les centrales à charbon en projet ou en construction représentent 381 gigawatts, soit plus de trois fois la capacité actuelle (178 gigawatts). Au Viet Nam, les centrales d'électricité en construction ou en projet (dont plus des deux tiers fonctionneront au charbon) représentent six fois le chiffre actuel, avec une capacité supérieure à 48 gigawatts. Alors qu'on parle de limiter les émissions, on les augmente².

Bien entendu, la situation est plus complexe qu'il n'y paraît. L'intensification de la croissance économique entraîne une hausse de la demande d'électricité. Pourtant, certains pays diversifient leur production d'énergie de manière à freiner, sinon arrêter, l'augmentation des émissions. La Chine, par exemple, devrait atteindre le « pic du charbon » d'ici quelques années et certainement un pic d'émissions au cours de la prochaine décennie grâce au ralentissement de l'économie, à des initiatives résolues en faveur de l'efficacité énergétique et à l'instauration de nouvelles sources d'énergie, notamment le nucléaire et les énergies renouvelables. Il s'agit d'une perspective un peu plus réjouissante qu'une augmentation débridée des émissions. Néanmoins, ce ralentissement est encore loin de la réduction d'au moins 50 % par rapport au niveau actuel qu'il faudrait appliquer pour arrêter le réchauffement.

Cependant, une attitude ouvertement cynique peut s'avérer contreproductive et la vie nous réserve parfois des surprises. De toute façon, l'hypocrisie est ce que Judith Shklar appelait un « vice ordinaire » (Shklar, 1985), qui n'est pas aussi grave que d'autres dans la mesure où il admet l'existence de la vertu, même s'il ne s'y plie pas. Le système d'engagement et de vérification a ceci de positif qu'il pourrait amorcer un processus d'engagements, de suivi, de persuasion et d'imitation susceptible de créer un mouvement significatif pour lutter contre le changement climatique. Le projet de la Déclaration de Lima concernant les INDC et la vérification, par exemple, prévoit de faire appel à des experts de la société civile et du secteur privé qui, selon certains commentateurs, pourraient faciliter la mise en place de systèmes *bottom-up* pour promouvoir les mesures de réduction des émissions (Stewart *et al.*, 2015a, 2015b³). Quoi qu'il en soit, l'approche consistant à fixer des objectifs contraignants assortis d'un calendrier étant enterrée, les négociateurs n'ont à présent plus guère d'autre solution que d'essayer de faire fonctionner le système d'engagement et de vérification.

Sans en attendre d'illusoires avancées, la conférence de Paris pourrait au moins éviter d'aboutir à un échec déprimant et de devenir ainsi un « Copenhague II ». De fait, il apparaît de plus en plus clair que ses organisateurs au sein du gouvernement français visent précisément cet objectif : éviter l'échec. Cependant, il y a peu de raisons de se montrer optimiste : il est probable que ni le système d'engagement et de vérification ni les tentatives pour favoriser des dispositifs *bottom-up* sans accord global contraignant n'auront

2. Étude de Phillip Hannam fondée sur les données et la méthodologie expliquées dans Hannam *et al.* (à paraître); voir également AIE (2014).

3. Voir le chapitre 15 de ce volume par R.B. Stewart, B. Rudyck et M. Oppenheimer : *Une stratégie modulaire pour faire face au changement climatique*.

d'impact suffisant sur ce problème majeur. Nous devons réfléchir à cette question hors des sentiers battus de la Convention-cadre.

2. Vers une gouvernance expérimentale efficace en matière de changement climatique

Le changement climatique est marqué par deux ensembles de caractéristiques étroitement liés qui n'empêchent absolument pas un processus de négociation *top-down* et intégré. Le premier est de nature politique : il a trait à la fragmentation des pouvoirs et de l'autorité au sein du système international, et donc à l'absence de puissance hégémonique pour imposer l'ordre à des acteurs aux intérêts extrêmement divergents. Le second est de nature cognitive : il s'agit de l'incertitude quant à la possibilité d'obtenir des résultats politiques, notamment une baisse des émissions, à un coût acceptable. Cette incertitude explique l'incapacité des pays ou des entreprises qui considèrent la décarbonisation profonde des émissions comme une question grave à identifier ex ante les engagements en termes de comportement, de technologies et de réglementation qui s'avéreront les plus efficaces. Ce voile d'incertitude sur le poids réel des différents engagements exacerbe les problèmes rencontrés lors des négociations, ce qui renforce encore le sentiment d'incertitude, les principales parties n'étant pas en mesure d'anticiper (et craignant) la réaction de leurs homologues face à la frustration des attentes (Young, 1989a, 1989b). Si, au moment des discussions, les partenaires ne savent pas quels engagements pourront être tenus ni comment les autres réagiront si certains ne le sont pas, cela rendra les négociations entre des parties aux intérêts très divergents extrêmement complexes et délicates, au point peut-être de les paralyser. Les acteurs prudents préféreront aboutir à une impasse plutôt que d'annoncer des ambitions trop coûteuses ou tout simplement irréalistes (Abbott et Snidal, 2000 ; Hafner-Burton *et al.*, 2012).

Compte tenu de ces difficultés à mener des négociations *top-down*, Paris constituera au mieux une étape sur la longue route qui mène à la construction d'un dispositif *bottom-up* efficace. Le système d'engagement et de vérification ne résoudra pas le problème du climat, mais il *pourrait* donner une impulsion et amorcer un processus d'expérimentation. En effet, il pourrait aider les gouvernements et les autres acteurs clés à déterminer ce qu'il est possible de réaliser en se coordonnant et donner un élan aux négociations, de sorte que les pays qui ne déploient pas d'efforts sérieux soient gênés de se trouver à la traîne. Les pays désireux d'en faire plus pourraient apprendre à associer et intégrer leurs efforts dans le cadre d'une coopération étroite et véritablement interdépendante. Dans le meilleur des cas, ce processus pourrait, par une série de mesures de plus en plus sérieuses, transformer le système d'engagement et de vérification en un effort plus coordonné et plus efficace sur le long terme. Même si les chances de parvenir à ce résultat sont faibles, nous pensons qu'elles existent. Par conséquent, nous sommes convaincus de l'intérêt d'étu-

dier la manière dont ce processus positif pourrait se déployer et les modalités qui seraient nécessaires à l'intérieur et à l'extérieur du mécanisme de la CCNUCC. Pour que ce processus expérimental et créateur d'élan fonctionne, il devra répondre à de nombreuses conditions : des vérifications sérieuses doivent être effectuées, les pays doivent être prêts à modifier leurs engagements à la lumière de nouvelles informations et des mesures doivent les inciter à intégrer leurs processus au fil du temps. Rien ne garantit que ces conditions puissent être remplies. Mais en l'absence de voie toute tracée vers la réussite, cela vaut la peine d'étudier ce scénario expérimental et créateur d'élan.

La gouvernance expérimentale (XG) repose sur l'idée que des problèmes de grande envergure qui semblent impossibles à résoudre peuvent être décomposés en petites unités qui facilitent les essais et l'acquisition de connaissances. Développée à l'origine aux États-Unis et en Europe (Sabel et Zeitlin, 2008) pour comprendre la réglementation et la fourniture de biens publics complexes, tels que l'éducation, dans un contexte d'incertitude, la gouvernance expérimentale peut avoir des applications similaires au niveau mondial (De Búrca *et al.*, 2014). Cette démarche fait valoir le fait que l'organisme de réglementation et l'entité réglementée savent rarement ce qu'il est possible de réaliser lorsqu'ils s'attaquent à un problème dans un climat d'incertitude. Elle met l'accent sur les efforts individuels en faveur de la communauté, plutôt que sur un monopole. En outre, elle identifie les solutions qui fonctionnent, les améliore en permanence et les généralise en récupérant les ressources initialement mobilisées par les autres solutions.

Appliquée au climat, la gouvernance expérimentale implique de se concentrer sur trois tâches. En premier lieu, les participants doivent exprimer clairement leurs objectifs communs de manière à induire des actions initiales spécifiques, qui seront systématiquement vérifiées en vue de les adapter au fil du temps. Ce processus expérimental peut faciliter le consensus sur les objectifs car les acteurs savent que les mesures prises pour atteindre la cible feront l'objet d'un examen minutieux auquel ils prendront part. La CCNUCC a certes défini des objectifs (notamment ceux évoqués dans l'article 2 et l'ambition de limiter le réchauffement à 1,5-2 °C degrés), mais ils sont trop abstraits ou trop irréalistes pour donner lieu à des actions à court terme.

Différents groupes d'acteurs de terrain ont alors la responsabilité de réaliser une fraction de l'objectif. Ils sont autorisés à rechercher et élaborer des solutions fondées sur leur expérience, à condition d'en communiquer les résultats à l'autorité coordinatrice. Ensuite, les résultats sont comparés selon diverses formes d'examen par les pairs afin d'identifier rapidement et de généraliser, si possible, les solutions qui fonctionnent, d'éliminer à temps celles qui ne fonctionnent pas et de corriger les actions aux effets mitigés en tenant compte de celles qui marchent le mieux. Si c'est justifié, les objectifs eux-mêmes sont révisés (resserrage ou assouplissement des cibles, extension à de nouveaux domaines) et constituent alors le point de départ d'un nouveau cycle d'étude au niveau local. Au cours des prochaines années, et peut-être dès la conférence de Paris, il faudra repenser les objectifs largement débattus visant à limiter le

réchauffement climatique à 1,5 ou 2 °C (Victor et Kennel, 2014). Ce processus, qui sera forcément très controversé, pourrait tirer parti des connaissances concrètes issues du terrain sur les mesures que les pays peuvent prendre pour réguler les émissions.

La deuxième tâche principale est de s'assurer que ceux qui favorisent l'inaction soient dûment et sévèrement sanctionnés. La gouvernance expérimentale n'est pas mue par la vision idéaliste que les acteurs veulent des solutions. Au contraire, elle s'appuie sur une « règle supplétive répulsive » qui peut susciter la coopération lorsque celle-ci n'est pas spontanée. Une règle supplétive répulsive est une sanction draconienne (exclusion d'un marché important ou refus d'un permis ou d'une licence indispensable) imposée en cas de violation persistante des normes du régime. Il s'agit d'un mécanisme coercitif qui ne prescrit pas de solutions (celles-ci ne pouvant pas forcément faire l'objet d'un accord car les États potentiellement visés les bloqueront), mais qui oblige les acteurs à coopérer s'ils ne veulent pas risquer de perdre le contrôle de leur destin commun. Sous la menace de cette sanction, la gouvernance expérimentale utilise les débats pour aider les acteurs à redéfinir leurs intérêts. Ainsi, les règles supplétives répulsives contraignent à l'information tout en intensifiant les débats.

D'autres publications étudient plus en détail les aspects du système international qui peuvent donner lieu à des règles supplétives répulsives (De Búrca *et al.*, 2014; Sabel et Victor, 2015). Ici, nous attirons simplement l'attention sur leur nécessité en tant que moteur des efforts de coopération. Les sanctions commerciales, la perte de marchés ou une intervention législative au niveau national, que les entreprises peuvent éviter en prenant des mesures d'autoréglementation efficaces, constituent d'importantes pénalités potentielles en lien avec le changement climatique.

Des pressions considérables s'exerceront dans le contexte multilatéral afin d'éviter ou de désamorcer les mécanismes, par exemple les sanctions commerciales, qui pourraient servir de menaces en vue de favoriser l'expérimentation et la coopération. Les forums universels abhorrent les actions unilatérales et menées en groupes restreints. Il sera capital de résister aux efforts déployés pour proscrire des pénalités comme les sanctions commerciales. Un vague consensus à Paris serait préférable à un accord qui éliminerait la possibilité d'instituer ces règles supplétives répulsives.

La troisième tâche est de mettre en place les institutions nécessaires pour évaluer les engagements nationaux et aider à les coordonner, afin de créer une coopération internationale plus intégrée et plus exigeante. Il faudra convenir d'une série d'indicateurs, comme exposé dans la contribution d'Aldy et Pizer⁴ au présent ouvrage. Les engagements ne doivent pas simplement stipuler ce que les pays ambitionnent de faire, mais aussi les solutions qu'ils ont tentées, celles qui ont fonctionné et celles qui ont échoué. Les engagements pourraient également être subordonnés aux actions des autres et envisagés sous un angle

4. Voir le chapitre 12 de ce volume par J.E. Aldy et W.A. Pizer : *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

expérimental, afin de communiquer ce que les nations vont essayer de faire, et pas uniquement ce qu'elles vont faire. L'introduction de cette perspective expérimentale pourrait conduire à des négociations plus constructives autour des bénéfices communs et permettre d'acquérir des connaissances plus solides sur les solutions qui fonctionnent vraiment. Pour que ces promesses débouchent sur de vrais résultats, il faut mettre en place des structures institutionnelles qui garantiront des vérifications sérieuses, afin d'effectuer un véritable suivi des engagements et de faire en sorte que les pays se sentent obligés de les tenir (Victor *et al.*, 1998).

Reste à savoir comment le système des Nations Unies assurerait ces fonctions de suivi et de vérification. Le secrétariat de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a déjà été chargé de missions de ce type, mais sans être doté de l'autorité nécessaire pour garantir une vérification et un suivi sérieux – ce qui n'est guère surprenant dans la mesure où la CCNUCC opère selon la règle du consensus et où beaucoup de ses membres se méfient des mécanismes de vérification non éprouvés. Le GIEC ne peut pas assumer ce rôle car il n'est pas conçu pour émettre des jugements politiques. Toutes ces institutions officielles de l'ONU se heurtent au fait que leur autorité dépend d'un consensus; le simple fait de proposer une vérification et un suivi sérieux soulèvera des refus et une opposition de la part de certains États. Les meilleures solutions doivent probablement émaner de l'extérieur du système des Nations Unies, tout en le soutenant. Les ONG, appuyées par des experts, pourraient jouer un grand rôle. Afin de montrer le fonctionnement d'un processus de vérification efficace, certains pays pourraient se porter volontaires pour que leurs engagements nationaux soient examinés à la loupe. Les publications arbitrées pourraient rendre compte de ces analyses, que le GIEC pourrait ensuite citer.

Conclusion

L'incapacité des nations à mettre au point un régime climatique *top-down* intégré est aujourd'hui largement reconnue et cette nouvelle réalité sera clairement visible lors de la COP21 à Paris. En revanche, les efforts *bottom-up* sont légion, en particulier le système d'engagements nationaux organisé autour des INDC.

Il reste à voir si cette nouvelle stratégie sera meilleure que la *statu quo*, c'est-à-dire une situation anarchique dans laquelle les pays agissent uniquement dans leur propre intérêt, sans véritable collaboration internationale. Si certains engagements pris dans l'optique de Paris sont encourageants, nous doutons que la conférence elle-même révolutionne la lutte contre le changement climatique à l'échelle mondiale. Cependant, elle peut donner l'impulsion à un processus qui favorisera l'acquisition de connaissances et la coopération et qui, à terme, pourrait modifier les politiques de coopération sur la question du changement climatique. Pour cela, il faudra que les INDC deviennent plus informatives, que les pays désireux de coopérer puissent menacer les récalci-

trants de sanctions et que de nouvelles institutions soient créées pour vérifier, évaluer puis aider à intégrer les INDC afin de créer une action plus collective. Certaines de ces mesures peuvent être prises dans le cadre de la CCNUCC, mais les tâches les plus difficiles (notamment les menaces de sanctions et l'établissement de mécanismes de vérification efficaces) nécessiteront également des efforts positifs de l'extérieur.

Références

- ABBOTT K. et SNIDAL D., 2000, « Hard and soft law in international governance », *International Organization* 54 (3), p. 421-456.
- AIE, 2014, *Medium-term Coal Market Report 2014: Market Analysis and Forecasts to 2019*, Paris, OCDE/AIE.
- DE BÚRCA G., KEOHANE R. et SABEL C., 2014, « Global experimentalist governance », *British Journal of Political Science* 44 (3), p. 477-486.
- FALKNER R., STEPHAN H. et VOGLER J., 2010, « International climate policy after Copenhagen: Towards a 'building blocks' approach », *Global Policy* 1 (3), p. 252-262.
- FUSS S., CANADELL J., PETERS G., TAVONI M., ANDREW R., CIAIS P., JACKSON R., JONES C., KRAXNER F., NAKICENOVIC N., LE QUÉRÉ C., RAUPACH M., SHARIFI A., SMITH P. et YAMAGATA Y., 2014, « Betting on negative emissions », *Nature Climate Change* 4, p. 850-853.
- HAFNER-BURTON E., VICTOR D. et LUPU Y., 2012, « Political science research on international law: The state of the field », *American Journal of International Law* 106 (1), p. 47-97.
- HALE T., HELD D. et YOUNG K., 2013, *Gridlock: Why Global Cooperation is Failing when We Need It Most*, Cambridge, Royaume-Uni, Polity.
- HANNAM P., LIAO Z., DAVIS S. et OPPENHEIMER M. (à paraître), « Developing country finance in a post-2020 global climate agreement », *Nature Climate Change*.
- GIEC, 2014, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- KEOHANE R. et VICTOR D., 2011, « The regime complex for climate change », *Perspectives on Politics* 9 (1), p. 7-23.
- KEOHANE R., 2015, « Beyond the UNFCCC: Rethinking the global politics of climate change », C. Douglas Dillon Lecture, Chatham House, Londres, 11 mai.
- KRASNER S., 1999, *Sovereignty: Organized Hypocrisy*, Princeton, New Jersey, États-Unis, Princeton University Press.
- SABEL C. et ZEITLIN J., 2008, « Learning from difference: The new architecture of experimentalist governance in the EU », *European Law Journal* 14 (3), p. 271-327.
- SABEL C. et VICTOR D., 2015, « Governing global problems under uncertainty: Making *bottom-up* climate policy work », *Climatic Change* (à paraître).

-
- SHKLAR J., 1985, *Ordinary Vices*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, Harvard University Press.
 - STEWART R., OPPENHEIMER M. et RUDYK B., 2013, « A new strategy for global climate protection », *Climatic Change* 120 (1), p. 1-12.
 - STEWART R., OPPENHEIMER M. et RUDYK B., 2015a, « After Lima: Building blocks as a new way forward for global climate cooperation », *Climatic Change* (à paraître).
 - VICTOR D., RAUSTIALA K., SKOLNIKOFF E. (éd.), 1998, *The Implementation and Effectiveness of International Environmental Commitments: Theory and Practice*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, MIT Press.
 - VICTOR D., 2011, *Global Warming Gridlock: Creating More Effective Strategies for Protecting the Planet*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - VICTOR D. et KENNEL C., 2014, « Ditch the 2 °C warming goal », *Nature* 514 (7520), p. 30-31.
 - WARA M., 2008, « Measuring the Clean Development Mechanism's Performance and Potential », *UCLA Law Review* 55, p. 1759.
 - YOUNG O., 1989a, *International Cooperation: Building Regimes for Natural Resources and the Environment*, Ithaca, New York, États-Unis, Cornell University Press.
 - YOUNG O., 1989b, « The politics of international regime formation: Managing natural resources and the environment », *International Organization* 43 (3), p. 349-375.

Chapitre 15

Une stratégie modulaire pour faire face au changement climatique

Richard B. Stewart, Michael Oppenheimer et Bryce Rudyk

Les négociations en cours dans le contexte de la CCNUCC laissent présager que le futur régime international de l'action climatique reposera principalement sur les engagements volontaires (et probablement non juridiquement contraignants) de chaque pays. Collectivement, les mesures prises au niveau national ne pourront, à *elles seules*, réduire suffisamment les émissions pour lutter contre le changement climatique et ses dangers : elles devront donc impérativement être complétées par des stratégies transnationales afin de combler l'écart.

La stratégie modulaire décrite dans le présent chapitre encourage la conduite d'initiatives multilatérales et multipartites dans des secteurs d'opportunité spécifiques à fort potentiel d'atténuation (Stewart *et al.*, 2013 a, b). Ces initiatives mobiliseront les moyens et ressources d'acteurs publics et privés tels que les entreprises, les ONG, les organisations internationales, les juridictions infranationales et les États. Pour les rendre possibles, la stratégie s'appuie sur trois paradigmes institutionnels distincts : Clubs Climat, couplages institutionnels et acteurs dominants du marché.

Inspirée par le constat que l'atténuation climatique jouit d'un soutien très inégal de la part de divers acteurs publics et privés, la stratégie modulaire s'appuie sur d'autres motivations pour les inciter à agir et à réduire leurs émissions : augmentation des bénéfices (pour les entreprises) ; renforcement du développement économique et de la sécurité énergétique (pour les pays en développement et pour d'autres pays) ; réalisation de leur mission (pour les organismes de financement du développement) ; protection contre un désavantage concurrentiel (en cas de fuites) pour les entreprises situées dans des juridictions réglementant l'atténuation. Nous proposons ici des structures institutionnelles aptes à mobiliser ces incitations. Dans certains cas, les initiatives pourront être soutenues par des acteurs gouvernementaux ou d'autres acteurs dotés d'un mandat d'atténuation climatique, notamment la CCNUCC.

La stratégie modulaire présente un double avantage : elle résout le problème que pose souvent la signature d'un accord par un grand nombre de pays et elle évite le risque qui surgit implicitement lorsque les pays s'engagent à réduire massivement leurs émissions dans l'ensemble des secteurs économiques. Elle générerait également de multiples dividendes climatiques : une baisse immé-

diates des émissions grâce au déploiement d'initiatives menées dans le cadre de chaque paradigme; des enseignements importants sur les coûts des mesures d'atténuation et les caractéristiques des initiatives durables (Sabel *et al.*, 2015), ce qui déboucherait sur des initiatives plus nombreuses et plus efficaces; et le renforcement de la confiance du fait des actions menées et de la création d'institutions régularisant les interactions entre les acteurs publics et privés, ce qui peut conduire à des objectifs plus ambitieux à long terme.

1. La stratégie modulaire

Afin de renforcer l'action existante, de favoriser de nouvelles actions et de compléter les décisions de la CCNUCC, la stratégie modulaire vise diverses initiatives sectorielles spécifiques qui permettraient :

1. de mobiliser un nombre limité d'acteurs publics et/ou privés;
2. de cibler des secteurs et débouchés présentant un fort potentiel d'atténuation;
3. de s'appuyer sur des incitations plutôt que sur le désir de promouvoir l'atténuation climatique;
4. de ne pas être pas nécessairement juridiquement contraignantes;
5. de ne pas être pas nécessairement liées formellement à la CCNUCC.

Les initiatives à petite échelle évitent les problèmes soulevés par la négociation et la mise en œuvre d'un traité international complet (Downs *et al.*, 1998). Moins nombreux, les participants s'accordent souvent plus facilement sur les principaux objectifs et les procédures essentielles telles que le suivi et les autres dispositifs de mise en conformité (Barrett, 2003). La mise en œuvre d'une série d'actions spécifiques et progressives abaisse également les coûts en cas d'échec des initiatives, permet d'expérimenter diverses approches institutionnelles et politiques et favorise l'apprentissage (Sabel *et al.*, 2015).

Le soutien inégal que consentent à l'atténuation les États et les gouvernements a entravé l'application des accords mondiaux. L'appui affirmé de certaines juridictions ne compense pas l'indifférence ou l'opposition d'autres. Face à cette situation, la stratégie modulaire a recours à des incitations matérielles telles que des gains économiques, une capacité d'adaptation accrue, une amélioration de la santé, le développement économique et la sécurité énergétique, entre autres. Dans le même temps, elle tient compte du fait que de nombreux acteurs publics et privés ne sont pas totalement indifférents à la protection du climat : elle sollicite ces poches de soutien, notamment au sein des gouvernements qui ne souhaitent pas s'engager à un plafonnement des émissions dans l'ensemble de leur économie mais qui sont prêts à prendre des mesures plus restreintes de réduction des émissions.

Afin d'accomplir de larges progrès en matière de réduction des émissions, il est indispensable de ne pas s'arrêter aux gouvernements nationaux et d'engager directement d'autres acteurs (juridictions infranationales, entreprises,

ONG et organismes de réglementation internationaux dont la mission ne concerne pas le climat tels que le Protocole de Montréal, l'Organisation de l'aviation civile internationale [OACI], l'Organisation maritime internationale ainsi que les banques de développement multilatérales et régionales). Ces acteurs ne sont pas – et ne peuvent pas – être parties à la CCNUCC. De fait, un grand nombre d'entre eux n'ont accès ni à ses délibérations ni à ses programmes. Comme les émissions climatiques, et par conséquent les mesures d'atténuation qui en résultent, dépendent pour une grande part de leurs décisions, leur participation est nécessaire (Heede, 2013).

La stratégie modulaire permet à coup sûr d'éviter la multiplication d'initiatives fractionnées et disparates et incite à mettre en place des initiatives génératrices d'avantages associés positifs pour le climat. Elle procède de deux manières. Nous commencerons par présenter en détail les trois paradigmes (Clubs Climat, couplage institutionnel et acteurs dominants) qui fournissent un cadre systémique permettant a) d'analyser les opportunités potentielles en termes d'institutions et d'initiatives et b) d'identifier les incitations et les acteurs requis pour mobiliser chaque initiative. Les trois paradigmes impliquent des structures incitatives et une logique institutionnelle différentes, mais tous dépendent des opportunités de lier incitations non climatiques et activités de réduction. Le choix des incitations, qui devront s'appuyer sur les motivations des acteurs non liées au climat pour produire des résultats climatiques positifs, requiert réflexion. Dans un deuxième temps, nous soulignerons le rôle essentiel des entrepreneurs institutionnels et la possibilité de s'appuyer sur des éléments de la CCNUCC (notamment le processus collaboratif relatif aux mesures d'atténuation pré-2020 de la série de questions 2 [Workstream 2]) afin de repérer et de mettre en œuvre de manière plus efficace et plus efficiente les initiatives propres à chaque paradigme.

2. Clubs climat

Depuis quelque temps, de nombreux auteurs évoquent le recours à des « Clubs Climat » pour réduire les émissions (Weischer *et al.*, 2012; Green *et al.*, 2015; Nordhaus, 2015; Victor, 2015). La stratégie modulaire incitative vise les clubs producteurs d'un bien collectif tangible (p. ex., nouvelle technologie, financement conjoint, risque partagé ou normes communes) porteur d'avantages économiques ou autres sans rapport avec le climat tels que la baisse des coûts de l'énergie, la sécurité énergétique ou des innovations rentables issues de la recherche et développement. Afin d'éviter l'entrée d'acteurs opportunistes, ces avantages sont réservés aux membres du club qui en respectent les règles. De ce fait, les activités du club réduisent les émissions tout en profitant à ses membres (Buchanan, 1965). Les incitations n'ont cependant pas à être identiques d'un club à l'autre (Hannam *et al.*, 2015). Les entreprises ou certains pays en développement pourront s'affilier à un club afin de profiter des avantages économiques réservés à ses membres, tandis que d'autres États et juri-

dictions infranationales voudront faire progresser le bien public mondial que constitue la protection du climat escomptée de la réduction des émissions.

Ces clubs pourraient être créés par des branches d'activité, différents échelons des autorités gouvernementales, des ONG et des organisations internationales, souvent de manière croisée. En voici quelques exemples existants et possibles:

1. **Clubs sectoriels ou mixtes (secteur/gouvernement) pour la recherche, le développement et le déploiement.** En constitue un exemple le réseau International Smart Grid Action Network (émanation de l'Agence internationale de l'énergie), qui vise à développer et à déployer des réseaux de transmission et des réseaux énergétiques transfrontaliers intelligents fonctionnant aux énergies renouvelables.
2. **Clubs de libéralisation du commerce de produits verts.** Un groupe de pays est en train de négocier un accord général sur la libéralisation du commerce de produits verts (Keohane *et al.*, 2015).
3. **Clubs de normalisation.** Des organes public-privé spécialisés pourraient se constituer pour harmoniser les normes techniques afin de réduire les coûts de transaction et de généraliser plus rapidement les technologies.
4. **Clubs transnationaux de réglementation de la chaîne d'approvisionnement.** À l'instar du système de certification et du label applicables au bois d'œuvre durable du FSC (Forest Stewardship Council), les entreprises et les ONG pourraient élaborer ensemble des normes de performance et des dispositifs de certification privés afin de répondre à la demande des consommateurs en biens et services faibles émetteurs de gaz à effet de serre (Vandenbergh, 2007).

3. Couplages institutionnels

La stratégie de couplage institutionnel s'appuie sur les organisations transnationales existantes dont la mission ne concerne pas la protection du climat. Elle repose sur des initiatives menées par des entrepreneurs politiques, institutionnels ou non, qui respectent la mission de base desdites organisations mais cherchent également à réduire les émissions. La présence d'un appui stratégique au sein de ces organisations, ainsi que la souplesse des mandats, pourraient rendre possible l'émergence de ce type de profil. Cette stratégie est économe car elle se sert d'organisations existantes dans les contextes où il serait impossible de créer de nouvelles institutions ou de nouveaux programmes dotés d'objectifs climatiques explicites. Comme pour les autres paradigmes, chaque initiative couplée ciblera les intérêts d'acteurs spécifiques (dans ce cas, ceux de l'organisation existante) et sera structurée de manière à générer des avantages climatiques nets.

En voici des exemples:

1. **Élargissement du champ d'application des accords environnementaux existants en vue de réduire les émissions.** Des discussions sont déjà en cours pour élargir le champ d'application du Protocole de Montréal à des

substances actuellement non réglementées qui appauvrissent la couche d'ozone ou à leurs substituts qui sont également des gaz à effet de serre.

2. **Ajout d'une composante réduction des émissions à un accord multilatéral non environnemental existant.** Par exemple, l'accord entre les pays de l'ASEAN sur la pollution atmosphérique transfrontalière s'est appuyé sur les relations existantes entre ces nations pour générer un avantage environnemental. Une stratégie similaire pourrait servir à susciter des actions de réduction des émissions comme avantage associé.
3. **Préférence pour des technologies peu émettrices dans les programmes de développement bilatéraux et multilatéraux.** Plusieurs pays ont refusé que leur aide publique au développement soit utilisée pour financer des centrales électriques au charbon, sauf dans des cas très limités.

4. Acteurs dominants du marché

La troisième stratégie tire parti du pouvoir des organismes de réglementation gouvernementaux ou des entreprises détenant une position dominante dans des secteurs économiques internationaux ou régionaux spécifiques, qui leur permet de promouvoir une réglementation sur les gaz à effet de serre dans l'ensemble de leur secteur afin de servir leurs intérêts. Par exemple, l'autorité de réglementation d'une juridiction dotée d'une part de marché très importante dans les services de biens ou de transport pourrait inciter des acteurs économiques extérieurs à respecter ses règles afin d'accéder à son marché ou de réaliser des économies d'échelle au niveau de la production. On peut citer à cet égard l'analyse de l'« effet Californie » (concernant les normes d'émission applicables aux véhicules à moteur dans cet État) et de l'« effet Bruxelles » (concernant les réglementations en matière de produits de l'Union européenne) (Bradford, 2013). Les autorités de réglementation pourraient adopter activement cette stratégie afin de protéger leurs entreprises contre des désavantages concurrentiels. Les entreprises dominantes d'un secteur donné, quant à elles, pourraient tirer des avantages économiques et stratégiques à être les premières à adopter les normes réglementaires. Les pressions du marché et les effets de réseau pourraient inciter d'autres sociétés à respecter les normes, conçues pour renforcer la position de l'entreprise dominante. Celle-ci pourra éventuellement coopérer avec des organismes de réglementation gouvernementaux afin de les convaincre d'adopter les normes.

Cette stratégie peut permettre de promouvoir la protection du climat lorsque les programmes réglementaires de réduction des GES sont alignés sur les incitations des acteurs publics ou privés dominants du marché. Si l'adoption précoce de normes réglementaires ou économiques est pour eux synonyme de gains (économiques, stratégiques ou autres) suffisants, ils seront susceptibles d'agir unilatéralement dans le but d'inciter d'autres acteurs du secteur à les imiter. Dans certains cas, les acteurs publics et privés dominants

pourront chercher ensemble à utiliser le pouvoir de réglementation des acteurs publics pour propager efficacement une norme établie.

Voici des exemples de cette stratégie :

1. **Normes relatives aux produits ou à la performance.** Une entreprise dominante ou un groupe d'entreprises produisant une technologie écologique telle que des composants pour éoliennes ou des technologies de réseau pourront adopter, ou promouvoir l'adoption par le gouvernement, de normes réglementaires qui lui conféreront un avantage concurrentiel.
2. **Condition d'entrée sur les marchés.** L'élargissement aux compagnies aériennes internationales desservant l'Europe du système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne visant à réglementer les émissions nationales a déjà été proposé et a incité l'Organisation de l'aviation civile internationale à agir. Un groupe de grandes juridictions portuaires pourrait par ailleurs imposer des normes de rendement énergétique plus sévères comme condition d'utilisation de leurs installations.

5. Lancement d'initiatives et lien entre la stratégie modulaire et la CCNUCC

Comme expliqué ci-dessus, chacune des trois stratégies a déjà donné lieu à des actions significatives ; toutefois elles ne sont pas apparues spontanément. Il a d'abord fallu aligner les incitations proposées aux acteurs, mais aussi qu'un ou plusieurs entrepreneurs trouvent des opportunités d'action, identifient et réunissent les acteurs concernés, structurent l'initiative (notamment les dispositifs institutionnels/juridiques) et la lancent. Les entrepreneurs les plus divers sont à l'origine des initiatives existantes : les compagnies pétrolières membres de la Canadian Oil Sands Innovation Alliance (un club de partage des technologies) ; l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), qui a élaboré des initiatives portant sur les énergies renouvelables en Afrique et dans les petits États insulaires ; et même l'Équipe de soutien au Secrétaire général des Nations Unies sur le changement climatique, qui est intervenue dans l'élaboration de multiples initiatives lors du Sommet 2014 sur les changements climatiques.

Afin d'aider les entrepreneurs politiques à mieux exploiter les ressources des initiatives, il faut leur faciliter l'accès aux informations sur les opportunités dans les domaines à fort potentiel d'atténuation, la localisation des acteurs potentiels, la structuration des initiatives et l'accès aux ressources techniques et financières ; ils ont également besoin d'une plateforme qui renforcera leur visibilité. La CCNUCC elle-même dispose d'atouts importants pour dispenser une aide de cette nature : des connaissances techniques (p. ex., sur la mise en œuvre et le suivi des projets [grâce au Mécanisme de développement propre] et le savoir-faire en matière de renforcement des capacités [grâce au Forum de Durban sur le renforcement des capacités]) ; l'accès à des sources de financement potentielles (p. ex., Fonds vert pour le climat, Fonds pour l'environ-

nement mondial et Fonds pour l'adaptation); la participation politique de 196 pays; un pouvoir de mobilisation significatif des acteurs non étatiques. Les institutions en cours de développement dans le cadre du mandat de la série de questions 2 (Workstream 2) relatif aux ambitions pré-2020 en matière d'atténuation (réunions d'experts techniques, événements de haut niveau et portail NAZCA [Non-state Actor Zone for Climate Action]) présentent un intérêt tout particulier pour l'appui aux initiatives de chaque module.

Informations techniques: réunions d'experts techniques. Les réunions d'experts techniques sont devenues un lieu de discussion entre experts étatiques et non étatiques sur les opportunités d'atténuation, les avantages associés, les obstacles à surmonter, ainsi que les stratégies à adopter et les ressources à investir, lorsqu'elles sont connues. Non seulement elles donnent l'occasion aux entrepreneurs instigateurs d'initiatives de communiquer directement avec les experts, mais elles livrent aussi des informations (p. ex., articles techniques et répertoire en ligne des politiques) utiles à la formation continue.

Engagement politique et financier: événement annuel de haut niveau sur le renforcement de l'action pré-2020. Ce nouvel événement de haut niveau ciblant des initiatives spécifiques dans des domaines à fort potentiel d'atténuation se déroule désormais en marge de la Conférence des Parties (COP) annuelle. Le premier d'entre eux a eu lieu à Lima. Il réunit des acteurs publics et privés de haut niveau dans le but de lancer de nouvelles initiatives, de donner l'occasion à leurs partisans d'attirer de nouveaux participants publics et privés, et de profiter des ressources (dont financières) de la CCNUCC.

Visibilité et poursuite de l'engagement: portail NAZCA. Ce portail est un site Internet de la CCNUCC qui rend compte des mesures prises volontairement par des acteurs non étatiques. Il regroupe déjà un grand nombre d'initiatives de coopération internationale. Actuellement, il ne compte pas les réductions d'émissions générées par les initiatives, ni individuellement ni collectivement. Si les problèmes méthodologiques et politiques sont surmontés, un formulaire de suivi et de rapport pourrait lui être adjoint. Il permettrait de reconnaître plus formellement, de façon suivie, les initiatives des acteurs non étatiques, dans un cadre distinct de celui des États.

6. Mobilisation de l'action

Les stratégies modulaires sont capables de renforcer notablement l'action en faveur du climat. Cette mobilisation est nécessaire pour compléter et soutenir les programmes d'atténuation mis en place par les pays afin de stopper la hausse des émissions et d'amorcer une baisse à court terme. Pour saisir ces opportunités, les acteurs publics et privés devront mener un effort concerté de participation aux initiatives et se comporter en entrepreneurs. Il faut aussi

instaurer des systèmes d'appui pour les aider à créer de nouvelles initiatives. Pour beaucoup de personnes, la CCNUCC ne se focalise que sur la « finalité », notamment les objectifs de réduction d'émissions nationales. Mais les développements institutionnels récents décrits ci-dessus lui ont permis de se centrer sur les « moyens » de l'action en faveur du climat. Si ces nouveaux développements fournissent quelques-uns des composants nécessaires pour jouer le rôle de système d'appui aux initiatives venant compléter celles des gouvernements nationaux, les liens entre eux sont néanmoins insuffisants et l'institution ne se préoccupe pas d'accompagner les initiatives aux différents stades de leur développement (idée, incubation, lancement). La CCNUCC ne doit pas être le seul système d'appui : les ONG, les entreprises, les gouvernements, les instituts de recherche et les fondations peuvent et devraient apporter une aide significative aux instigateurs d'initiatives.

Références

- BARRETT S., 2003, *Environment and Statecraft the Strategy of Environmental Treaty-Making*, Oxford, Oxford University Press.
- BRADFORD A., 2013, « The Brussels Effect », *Northwestern University Law Review* 107 (1).
- BUCHANAN J., 1965, « An Economic Theory of Clubs », *Economica* 32 (125), p. 1-14.
- DOWNS G., ROCKE D. et BARSOOM P., 1998, « Managing the Evolution of Multilateralism », *International Organization* 52, p. 397-419.
- GREEN J., STERNER T. et WAGNER G., 2014, « A balance of bottom-up and top-down in linking climate policies », *Nature Climate Change* 4, p. 1064-1067.
- HANNAM P., VASCONCELOS V., LEVIN S. et PACHECO J., 2015, « Incomplete cooperation and co-benefits: Deepening climate cooperation with a proliferation of small agreements », *Climatic Change* (à paraître).
- HEEDE R., 2013, « Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854-2010 », *Climatic Change* 122 (1-2), p. 229-241.
- KEOHANE N., PETSONK A. et HANAFI A., 2015, « Towards a Club of Carbon Markets », *Climatic Change* (à paraître).
- NORDHAUS W., 2015, « Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy », *American Economic Review* 105 (4), p. 1339-1370.
- SABEL C. et VICTOR D., 2015, « Governing Global Problems under Uncertainty: Making Bottom-Up Climate Policy Work », *Climatic Change*, (à paraître).
- STEWART R., OPPENHEIMER M. et RUDYK B., 2013, « A New Strategy for Global Climate Protection », *Climatic Change* 120, p. 1-12.
- STEWART R., OPPENHEIMER M. et RUDYK B., 2013, « Building Blocks for Global Climate Protection », *Stanford Environmental Law Review* 32 (2),

p. 341-392.

- VANDENBERGH M., 2007, « The New Wal-Mart Effect: The Role of Private Contracting in Global Governance », *UCLA Law Review* 54, p. 913.
- VICTOR D., 2015, « The Case for Clubs », International Centre for Trade and Sustainable Development, Genève.
- WEISCHER L., MORGAN J. et PATEL M., 2012, « Climate Clubs: Can Small Groups of Countries make a Big Difference in Addressing Climate Change? », *Review of European Community & International Environmental Law* 21 (3), p. 177-192.

Chapitre 16

Les politiques climatiques et l'OMC : donner une touche de vert au GATT

Petros C. Mavroidis, Jaime de Melo

Jusqu'au lancement du Cycle de Doha, le changement climatique et les régimes commerciaux évoluaient séparément, poussés par des négociations distinctes. À partir du moment où l'on reconnaît que la première (et la meilleure) option consistant à appliquer une tarification mondiale du carbone est irréalisable en raison de la non-participation d'un sous-ensemble de pays, les politiques commerciales et l'OMC doivent entrer dans l'architecture du régime climatique. D'un point de vue axé sur la Realpolitik, il est tout d'abord essentiel de comprendre quelle est la place des politiques relatives au changement climatique et de la discipline juridique qui en découle dans l'actuel mandat de l'OMC. Les rédacteurs de l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT) se sont concentrés sur la protection tarifaire, laissant la conception des politiques nationales (y compris environnementales) à l'entière discrétion des Membres. Une fois une préférence sociale choisie, elle s'appliquait de manière non discriminatoire, c'est-à-dire sans faire de différence entre les biens nationaux et importés. La protection ne pouvait prendre qu'une seule forme (tarification), mais elle est devenue négociable. C'est pour cette raison que le GATT est souvent qualifié d'accord d'« intégration négative ». Comme évoqué dans le document de travail correspondant au présent chapitre (Mavroidis et de Melo, 2015), les politiques environnementales ont peu évolué entre le GATT et l'OMC.

La première section étudie la façon dont les trois principaux instruments permettant d'atteindre les objectifs d'atténuation du changement climatique (étiquetage, taxe et subvention) s'intègrent à l'actuel régime de l'OMC. La deuxième section aborde les mutations nécessaires de l'OMC, en mettant l'accent sur les améliorations applicables qui s'inspirent des éléments passés et actuels de l'architecture du commerce mondial.

1. Instruments permettant de traiter les conflits commerciaux

Les restrictions quantitatives sont jugées illégales dans le cadre de l'OMC. Ainsi, en principe, les Membres ne peuvent pas bloquer les importations de

produits polluants, à moins qu'ils appliquent des mesures similaires aux produits nationaux. De plus, toujours en principe, les Membres de l'OMC peuvent appliquer un traitement douanier différent aux importations selon qu'elles participent ou non à la lutte contre le changement climatique, mais cet instrument offre une efficacité limitée étant donné que les tarifs sont consolidés et que la tarification appliquée est, en moyenne, comprise entre 1 et 5 %. Par ailleurs, le système harmonisé constituant la base des classifications tarifaires ne comprend aucune classification distinguant les biens qui contribuent à la lutte contre le changement climatique. Les classifications en la matière sont donc « nationales » (c'est-à-dire décidées de manière unilatérale). Ainsi, si un membre de l'OMC ajoute sa propre classification, avec une position à huit chiffres ou plus, cela pourrait déboucher sur une contestation juridique (un plaignant potentiel pourrait affirmer que les énergies renouvelables et non renouvelables sont des produits similaires et qu'imposer des droits de douane moins élevés sur les premiers que sur les deuxièmes constituerait une violation de la clause de la nation la plus favorisée (NPF). Aucune jurisprudence ne traite directement de cette question, mais un risque de litige existe.

En revenant sur une décision de l'affaire *États-Unis – Thon* (Mexique) lors de l'affaire *États-Unis – Crevettes*, l'Organe d'appel, la plus haute instance judiciaire de l'OMC, a jugé que les politiques unilatérales ne sont pas illégales du simple fait de leur caractère unilatéral. À condition qu'elles respectent les critères légaux, les politiques unilatérales, dont les politiques relatives au changement climatique, peuvent parfaitement exister dans le régime de l'OMC. Les accords du Cycle d'Uruguay ont perpétué « l'esprit » d'intégration négative du GATT. L'OMC a durci les disciplines concernant les subventions (c'est-à-dire chaque intervention du gouvernement qui confère des avantages à un bénéficiaire spécifique plutôt qu'au public en général) en les classant en deux catégories: les subventions prohibées ou les subventions pouvant donner lieu à une action. Seules deux catégories de subventions sont prohibées (les subventions à l'exportation et les subventions liées à la teneur en éléments d'origine nationale), tandis qu'une troisième catégorie comprenant les subventions environnementales a été classée, sur une période de cinq ans, comme des subventions ne donnant pas lieu à une action, jusqu'au 1er janvier 2000 (art. 31 de l'Accord sur les subventions et les mesures compensatoires, « Accord SCM »). Toutes les autres subventions sont sujettes à des mesures compensatoires, par exemple, par des actions unilatérales (imposition de droits compensateurs) ou multilatérales (litige soulevé devant un groupe spécial), permettant aux États membres lésés d'imposer au Membre qui accorde la subvention une charge égale aux avantages que celui-ci en a tirés. Compte tenu du fait que l'accord sur la catégorie des subventions ne donnant pas lieu à une action n'a pas été renouvelé, un système considéré comme une subvention par l'Accord SCM est obligatoirement une subvention prohibée ou une subvention pouvant donner lieu à une action. De ce fait, les Membres de l'OMC ne peuvent pas subventionner les producteurs afin qu'ils modifient leurs procédés et méthodes de production (PMP) de sorte que ces derniers contribuent à lutter contre

le changement climatique. Toutefois, ils peuvent toujours subventionner les consommateurs. Les coûts politiques des transactions économiques expliquent souvent pourquoi de telles mesures ne voient pas le jour.

Dans un tel contexte, trois défis auxquels fait face le régime climatique impliquent l'OMC : le premier, l'adoption d'un calendrier prévisible de la tarification du carbone incluant une réforme du Code des subventions en vue de supprimer les subventions aux combustibles fossiles et d'appliquer de nouvelles subventions à l'échelle internationale afin de développer les technologies de réduction des émissions ; le deuxième, l'application d'ajustements fiscaux à la frontière pour combattre les différentes formes de fuite de carbone, en particulier celles liées à la compétitivité des secteurs à forte intensité énergétique exposés aux échanges commerciaux¹ ; et le troisième, l'adoption d'un système d'étiquetage afin de distinguer les PMP qui contribuent à lutter contre le changement climatique.

Reconnaissant que les subventions pour lutter contre le changement climatique ne sont plus autorisées, nous proposons trois instruments d'atténuation du changement climatique.

1.1. Labels environnementaux

Le pays X adopte un système d'étiquetage permettant de distinguer les produits dont la fabrication ne contribue pas au changement climatique des autres produits. Ce système est particulièrement important dans les négociations en cours sur le climat, puisque le GIEC estime que 38 % de la réduction des émissions de CO₂ nécessaire pour atteindre l'objectif des 2 °C devra venir de l'utilisation de produits à haute efficacité énergétique (produits économes en énergie qui réduisent la consommation énergétique de l'ensemble de l'économie et produits à haute efficacité énergétique du point de vue de la performance). Outre les normes minimales de performance énergétique, l'étiquetage comparatif permettant de distinguer les produits en fonction de leurs PMP est l'instrument politique le plus utilisé pour promouvoir les produits à haute efficacité énergétique.

Par la suite, le pays X fixe un plafond d'émission de CO₂ pour la production de clinker de ciment (SH 252321) et interdit de commercialiser légalement sur son marché intérieur les produits excédant ce plafond. Ici, peu importe si les PMP ont été incorporés ou non au produit commercialisé. L'Accord sur les obstacles techniques au commerce (Accord OTC) s'appliquant aux systèmes d'étiquetage couvre à la fois les intrants physiquement incorporés dans le produit (appelés « caractéristiques physiques ») et les PMP non incorporés. De même, peu importe si la conformité au système est obligatoire pour les produits commercialisés (« règlements techniques ») ou non (« norme »). Les obligations de fond sont équivalentes quelle que soit l'« intensité » de la mesure et la jurisprudence a de toute façon jeté un flou sur cette distinction². Enfin, il

1. Voir le chapitre 21 de ce volume par C. Fischer : *Options pour éviter les fuites de carbone*.

2. Mavroidis (2015) examine cette question en détail.

convient de noter que cet instrument est national et non commercial. Ainsi, de prime abord, les critères de similarité porteront non pas sur la classification du produit dans le système harmonisé (SH), mais, comme évoqué ci-après, sur les réactions des consommateurs.

Le pays Y se plaint que le système d'étiquetage est non nécessaire et discriminatoire. Le récent rapport de l'Organe d'appel concernant l'affaire *États-Unis – Thon II* (Mexique) reflète bien la situation actuelle. Les systèmes d'étiquetage doivent être *nécessaires* et appliqués de manière non discriminatoire. Le terme « nécessaire » a toujours été utilisé pour désigner l'option la moins restrictive permettant d'atteindre de manière unilatérale un objectif fixé par l'État régulateur, qui n'est pas justiciable. Dans l'exemple, si l'État régulateur ne peut pas se permettre d'octroyer des subventions, il peut toujours utiliser la tarification. À la lumière de ce qui précède, il est difficile d'imaginer que le système d'étiquetage soit jugé non nécessaire. Tout comme dans l'affaire *États-Unis – Thon II* (Mexique), dans laquelle un système d'étiquetage a été jugé conforme à l'Accord OTC pour des raisons similaires, nous pouvons nous attendre à ce que la mesure soit considérée comme acceptable. L'évaluation de la conformité constituera l'élément le plus coûteux de cette entreprise et sera prise en charge par les exportateurs.

Dans l'hypothèse que cette plainte du pays Y soit rejetée, il pourra attaquer la mesure du pays X en avançant qu'elle est discriminatoire du fait que, indépendamment des émissions produites, un produit est un produit. Le pays X sera donc confronté à un problème lorsque la conformité de la mesure avec le principe de non-discrimination sera examinée. Dans l'affaire *États-Unis – Thon II* (Mexique), l'Organe d'appel a décidé que les consommateurs devaient juger de la similarité des produits. Si tel est le cas, ces derniers achèteront vraisemblablement le moins cher des deux produits, c'est-à-dire celui produisant le plus d'émissions de CO₂. Si les consommateurs ne basent pas leurs décisions d'achat sur le volume de CO₂ émis, les deux produits seront jugés « similaires ». En traitant deux produits similaires de manière différente, le pays X violera son obligation de non-discrimination. C'est le jugement qui a été rendu par l'Organe d'appel dans l'affaire *États-Unis – Thon II* (Mexique).

Pourquoi alors ne pas comparer les produits nationaux et les produits importés luttant tous deux contre le changement climatique (c'est-à-dire les systèmes d'étiquetage du pays X et du pays Y) ? Dans l'affaire *Chili – Boissons alcooliques* (et par la suite dans l'affaire *CE – Amiante*), l'Organe d'appel a jugé cette comparaison inappropriée. La jurisprudence a donc confirmé qu'il incombe aux consommateurs de décider si les distinctions réglementaires créant des sous-marchés sont légitimes ou non. Cette mesure ne peut pas être sauvée en invoquant l'article XX du GATT, car la cohérence relevée dans la jurisprudence semble indiquer que cette défense n'est pas valable dans le cas de violations de l'Accord OTC.

Il s'agit là d'une situation regrettable pour les efforts d'atténuation du changement climatique. Mavroidis (2013) explique pour quelle raison, dans le contexte de l'Accord OTC, la similarité devrait être une question politique

et non pas être définie par le marché (c'est-à-dire selon la perception des consommateurs). Les gouvernements interviennent uniquement lorsqu'ils désapprouvent le comportement des agents privés. Autrement, pourquoi intervenir en premier lieu ? Des lois de même nature devraient ainsi passer haut la main les critères juridiques. Hélas, il en est autrement. Finalement, ce problème n'est pas un problème majeur étant donné qu'il suffit de modifier la jurisprudence. Puisque la loi en vigueur ne préjuge pas du tout de l'issue, la décision relative revient à des arbitres.

1.2. Taxes environnementales

Nous abordons dans cette section une mesure frontalière, et les critères de similarité porteront sur la classification SH (inadéquate) du produit. Horn et Mavroidis (2011) examinent cette question en détail. À présent, le pays X choisit d'ajuster le niveau de taxation sur le volume de CO₂ émis. Par exemple, une taxe de 10 dollars par tonne de CO₂ produite lors de la fabrication de clinkers de ciment (SH 252321). Ici, nous passons de l'Accord OTC au GATT puisque nous traitons d'une taxe collectée à la frontière et le critère juridique est différent, bien que les consommateurs, une fois encore, soient rois. S'ils préfèrent le ciment importé et générant plus de CO₂, le traitement sera jugé « moins favorable » vis-à-vis des produits importés et donc non conforme au GATT (dans l'affaire *CE – Produits dérivés du phoque*, l'Organe d'appel a jugé que les producteurs de sacs en phoque ne pouvaient pas commercialiser leurs sacs sur le marché de l'UE, alors que les producteurs d'autres sacs le pouvaient). Le traitement sera jugé moins favorable, car les produits « similaires » payeront des taxes différentes.

Toutefois, à la différence du système d'étiquetage dans le cadre de l'Accord OTC, le pays X pourra justifier ses mesures en vertu de l'article XX(g) du GATT. L'air pur est une « ressource naturelle épuisable » (*États-Unis – Essence*, Organe d'appel) et la mesure doit simplement « se rapporter à » sa protection. Cela signifie que le pays X doit prouver l'existence d'un lien logique entre la différence de taxation et la protection de l'air pur. Une norme plutôt facile à satisfaire. En effet, le CO₂ pollue l'atmosphère et moins l'air est pollué, plus il est sain. Les mesures fiscales dissuasives à l'encontre de la pollution contribuent à atteindre l'objectif recherché (la protection de l'air pur). Ainsi, le pays X aurait gain de cause en vertu du GATT.

Le pays X pourrait imposer des droits de douane plus élevés aux produits polluants au lieu d'ajuster les taxes nationales à la frontière³. Toutefois, pour ce faire, le pays devrait instaurer des sous-classifications dans les positions à dix ou douze chiffres afin de distinguer le traitement tarifaire des produits fabriqués en employant des énergies renouvelables de celui des « mêmes » produits fabriqués à l'aide de combustibles fossiles, ce qui constitue un exercice difficile. La conformité de telles sous-classifications avec l'OMC est une question qui reste ouverte. En outre, étant donné que la tarification est à un niveau histori-

3. Voir le chapitre 21 de ce volume par C. Fischer : *Options pour éviter les fuites de carbone*.

quement bas, le potentiel de tirer des avantages « significatifs » de la tarification grâce à des programmes de ce type est limité.

1.3. Subventions

Dans l'actuel régime de l'OMC, les subventions « vertes » sont prohibées. La suppression de telles subventions a marqué la fin de la distinction entre « bonnes » et « mauvaises » subventions, défiant ainsi la logique économique qui appelle à l'élimination des défaillances du marché. Des subventions aux consommateurs non spécifiques sont disponibles, mais elles s'accompagnent de coûts de transaction plus élevés que les subventions aux producteurs (plus de transactions et des coûts de vérification plus élevés). Par ailleurs, bien qu'il n'y ait pas de jurisprudence en la matière à l'heure actuelle, un plaignant pourrait être en mesure de prouver que, malgré les subventions octroyées aux consommateurs, seule une poignée d'entreprises ont profité de ce financement. Dans un tel cas, le plaignant pourrait demander le retrait du système. Au final, les limites de la lutte contre le changement climatique grâce aux subventions se font rapidement jour si l'on prend en compte la caractéristique d'intégration négative de l'OMC.

2. L'OMC constitue-t-elle une entrave à la protection de l'environnement ?

En avance sur son temps, Esty (1994) affirmait il y a 20 ans que les accords de l'OMC étaient négociés sans prendre suffisamment en compte les questions environnementales. Bien que certains problèmes rencontrés par les Membres de l'OMC qui souhaitent adopter des mesures pour lutter contre le changement climatique puissent être réglés en anticipant le pouvoir discrétionnaire des « tribunaux » de l'OMC (par exemple, pour l'étiquetage), la plupart des obstacles découlent de l'attitude globale du régime juridique de l'OMC envers les biens publics mondiaux. Les rédacteurs des accords de l'OMC se sont concentrés sur l'amélioration d'une série d'accords existants et n'ont pas pris en compte le besoin d'inclure les externalités transnationales croissantes. Quelques initiatives relativement éparses, telles que les négociations en cours sur les biens environnementaux, sont un premier pas dans la bonne direction, même si elles sont insuffisantes. Il est donc nécessaire de procéder à une refonte totale des accords, que l'on pourrait appeler OMC 2.0, qui *ne permettraient pas*, mais *obligeraient* les Membres de l'OMC à adopter une attitude différente envers la protection et le soutien des biens publics et à donner la priorité à cet objectif si et lorsqu'il entre en conflit avec les obligations commerciales. Il convient alors d'examiner les réformes pouvant être mises en place aux niveaux multilatéral et plurilatéral.

2.1. Réformes au niveau multilatéral

Deux améliorations sont nécessaires. Le suivi des subventions aux combus-

tibles fossiles est un point de départ. Collins-Williams et Wolfe (2010) ont clairement expliqué pourquoi les Membres de l'OMC ne sont pas encouragés à fournir des informations sur leurs subventions, car de telles informations seraient auto-incriminantes. Il faut cependant noter, comme Aldy (2015) l'explique en détail, que l'appel à un examen externe du système, lancé par l'accord du G20 sur les subventions aux énergies fossiles, est un pas en avant. Dans ce domaine, les souhaits du G20 et la réalité de l'OMC sont donc en contradiction. L'OMC (l'agent commun) pourrait être mandatée par ses Membres pour jouer un rôle plus actif dans la collecte à l'échelle mondiale de données factuelles sur les subventions de ce type. Ensuite, l'octroi de subventions ne donnant pas lieu à une action doit être réintégré aux accords de l'OMC et amélioré afin de contribuer cette fois à la lutte contre le changement climatique. Ceux qui craignent que la frontière entre les politiques vertes et les politiques industrielles « bleues » soit plus un trait dans le sable qu'une distinction gravée dans la pierre seront rassurés de savoir que les subventions liées à la teneur en éléments d'origine nationale sont prohibées. En supposant qu'un suivi efficace des systèmes soit mis en place, conformément aux considérations formulées par Wiener⁴ dans sa contribution à cet ouvrage, les organismes subventionneurs auront du mal à aider les producteurs nationaux à vendre leurs technologies en leur octroyant des subventions censées être prévues pour lutter contre le changement climatique.

Par ailleurs, en supposant qu'une catégorie générale de subventions ne donnant pas lieu à une action soit réintroduite, le régime juridique de l'OMC pourrait anticiper le mauvais usage du pouvoir discrétionnaire des groupes spéciaux et de l'Organe d'appel en fournissant une description du type de subventions qui pourraient être qualifiées de « vertes » et donc ne donneraient pas lieu à une action. Par exemple, il pourrait être énoncé clairement que l'ensemble des subventions octroyées aux consommateurs pour l'achat d'énergie renouvelable ne peut donner lieu à une action. Les Membres de l'OMC pourraient aller encore plus loin et, en s'inspirant de la pratique, exonérer également d'autres types de subventions. En effet, de la même façon qu'il a été possible d'inclure une liste indicative des systèmes considérés comme des subventions à l'exportation dans l'Accord SCM, les Membres de l'OMC devraient être en mesure de convenir d'une liste de systèmes considérés comme ne donnant pas lieu à une action.

2.2. Réformes au niveau plurilatéral

L'adoption d'accords plurilatéraux impliquant un sous-ensemble de Membres de l'OMC, en supposant l'autorisation de la séance plénière, est un autre moyen d'atteindre les objectifs d'atténuation du changement climatique. Les négociations en cours portant sur les biens environnementaux et dans le cadre desquelles un sous-ensemble de Membres de l'OMC est prêt à réduire la tarification

4. Voir le chapitre 13 de ce volume par J. Wiener : *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification*.

sur les biens qui répondent aux préoccupations liées au changement climatique, prendront en fin de compte la forme d'un accord plurilatéral. Hoekman et Mavroidis (2015) et de Melo et Vijil (2015) démontrent avec force les raisons pour lesquelles cette voie de fonctionnement de l'OMC doit être encouragée. Mentionnant six thèmes qui ont échappé aux négociations multilatérales, Victor (2015) plaide également en faveur de l'approche du « club climat »⁵.

Les clubs climat ne doivent pas être considérés comme une tentative de contourner le multilatéralisme. Les accords fondés sur une masse critique et les accords plurilatéraux partagent une caractéristique: ils conservent tous deux leur attachement à l'OMC, à travers le traitement NPF dans le premier cas, tandis que dans le deuxième cas, les adhésions sont ouvertes aux Membres non initiaux. Une combinaison des deux pourrait présenter un intérêt particulier dans la lutte contre le changement climatique. Les Membres de l'OMC pourraient convenir, par exemple, qu'un certain niveau de production mondiale de produits à forte intensité énergétique est particulièrement néfaste pour l'environnement et participe au changement climatique. Supposons par exemple que la production de ciment, responsable de 5 à 7 % des émissions mondiales de CO₂, soit ciblée. Les signataires d'un accord plurilatéral fondé sur une masse critique pourraient s'accorder à réduire progressivement les émissions de CO₂. Par ailleurs, ils pourraient convenir que, avant que l'accord n'entre en vigueur, les Membres de l'OMC représentant, par exemple, 80 % de la production mondiale de ciment devront l'avoir ratifié.

Des sanctions punitives à l'encontre des Membres non participants ne sont pas envisagées dans ces deux approches. Nordhaus (2015) explique et démontre comment les non-membres pourraient être encouragés à participer grâce à un ensemble d'amendements relatifs à la lutte contre le changement climatique apporté à la législation internationale, qui « autoriseraient expressément l'uniformisation de la tarification appliquée aux non-participants dans le cadre d'un traité sur le climat... [et] interdiraient toute forme de représailles à l'encontre des pays ayant recours au mécanisme » (p. 1349). En outre, il montre que l'application d'une « taxe carbone » est une sanction efficace pour empêcher les fuites de carbone uniquement, mais que l'uniformisation de la tarification sur les importations est un instrument plus efficace pour contrer l'opportunisme. Cette sanction s'avère relativement bien ciblée et présente un caractère incitatif (elle engendre des coûts pour les transfuges et octroie des avantages au punisseur). Pour conclure, les nombreux avantages qu'offre l'adhésion à l'OMC en termes de traitement NPF pourraient constituer une incitation à la participation.

Nordhaus n'aborde pas en détail les modifications d'ordre juridique nécessaires. Le problème est le suivant: d'après l'accord d'intégration négative actuel, les pays ne peuvent pas être contraints d'adopter des politiques d'atté-

5. Les thèmes les plus à même d'être abordés dans le cadre d'un club climat sont les suivants: encourager les pays réticents à participer en utilisant la méthode de la carotte et du bâton, concevoir des mesures frontalières intelligentes, élaborer des engagements conditionnels, définir et présenter des stratégies en matière de technologies, et résoudre des problèmes moins complexes, tels que les polluants climatiques de courte durée de vie.

.....

nuation du changement climatique et un club de pays ne peut pas augmenter ses tarifs consolidés, même de manière non discriminatoire, à l'encontre de pays non membres, car dans le cadre d'un arrangement commercial préférentiel (ACPr) les Membres peuvent uniquement baisser les tarifs appliqués aux pays tiers. En outre, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, il est plus prometteur d'inciter les pays tiers à rejoindre le club en appliquant des taxes nationales (qui ne sont pas consolidées) qu'à travers une différenciation des tarifs douaniers, dont le niveau global est très bas. Bien entendu, la crédibilité de menaces de ce type dépendra de l'adoption par les « tribunaux » de l'OMC de notre approche concernant la pertinence de l'article XX(g) du GATT en cas de litige. Comme mentionné ci-dessus, réinstaurer l'article 8 de l'Accord SCM peut aider, mais participera peu à traiter l'immensité du problème, compte tenu du fait que le punisseur est puni, tandis que le bénéficiaire sans contrepartie bénéficie de mesures de réduction de la part des membres du club.

Une approche plus prometteuse consisterait en l'adoption par les membres du club d'un régime de reconnaissance mutuelle/d'équivalence (qui est plus facile à instaurer entre des membres accordant une confiance relativement élevée au groupe). Une coalition des volontaires pourrait ensuite s'accorder sur les normes réglementaires « optimales » à respecter et à mettre en œuvre à l'aide d'évaluations de la conformité⁶. Dans ce cas, les pays tiers devraient démontrer que leurs processus de production sont équivalents à ceux adoptés par les membres du club s'ils veulent pouvoir accéder au marché.

Bien qu'il soit irréaliste de penser que les Membres de l'OMC auront des préférences similaires quant à l'atténuation du changement climatique, les législateurs doivent s'assurer que l'arsenal juridique de l'OMC offre un système de défense à ceux qui le souhaitent et tolère un comportement proactif. Le système de défense est déjà en place, comme le montre notre discussion sur les ajustements fiscaux à la frontière. Le comportement proactif doit, quant à lui, être considéré dans le cadre du contexte légal actuel dans lequel les membres sont réticents à transférer leur souveraineté bien qu'il soit évident qu'en l'absence d'action multilatérale, les distorsions ne pourront être résolues. Dans ce contexte, réinstaurer l'article 8 de l'Accord SCM et permettre des « coalitions de volontaires » semble être la voie de progrès la plus prometteuse. Le GATT n'est pas passé au vert et nous en avons payé le prix fort, un prix que l'OMC ne peut, hélas, plus se permettre de financer.

Références

- ALDY J., 2015, « Policy Surveillance in the G-20 Fossil Subsidy Agreement: Lessons for Climate Policy », Belfer Center for Science and International Affairs, document de travail n° 15-70, Harvard University.

.....

6. Dans le modèle de Nordhaus, la sanction tarifaire est crédible, car elle fait office de tarif optimal. Cette crédibilité serait encore plus difficile à atteindre pour les normes réglementaires.

-
- COLLINS-WILLIAMS T. et WOLFE R., 2010, «Transparency as Trade Policy Tool: The WTO's Cloudy Windows», *The World Trade Review* 9 (4), p. 551-581.
 - DE MELO J. et VIJIL M., 2015, «The Critical Mass Approach to Achieve a Deal on Green Goods and Services: What is on the Table? How Much to Expect?», document de travail de la Ferdi n° P107, Clermont-Ferrand, France (à paraître également dans *Environment and Development Economics*).
 - ESTY D.C., 1994, *Greening the GATT, Trade, Environment and the Future*, Washington, D.C., Peterson Institute.
 - GROSSMAN G.M., HORN H. et MAVROIDIS P.C., 2013, «Domestic Instruments» in Horn H. et Mavroidis P. C. (éd.), *Legal and Economic Principles of World Trade Law*, New York, États-Unis, Cambridge University Press, p. 205-345.
 - HOEKMAN B.M. et MAVROIDIS P.C., 2015, «Embracing Diversity: Plurilateral Agreements and the Trading System», *World Trade Review* 14 (1), p.101-116.
 - HORN H. et MAVROIDIS P.C., 2011, «To B(TA) or Not to B(TA)? On the Legality and Desirability of Border Tax Adjustments from a Trade Perspective», *The World Economy* 34 (11), p. 1911-1937.
 - MAVROIDIS P.C., 2013, «Driftin' too far from shore – Why the test for compliance with the TBT Agreement developed by the WTO Appellate Body is wrong, and what should the AB have done instead», *The World Trade Review* 12 (3), p. 509-531.
 - MAVROIDIS P.C., 2015, *The Regulation of International Trade*, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, MIT Press.
 - MAVROIDIS P.C. et DE MELO J., 2015, «Climate Change Policies and the WTO: From Negative to Positive Integration», document de travail de la Ferdi , Clermont-Ferrand, France.
 - NORDHAUS W., 2015, «Climate Clubs: Overcoming Free Riding in International Climate Policy», *American Economic Review* 105 (4), p. 1339-1370.
 - VICTOR D., 2015, «The Case for Climate Clubs», E15 Initiative, ICSTD, Genève.

PARTIE IV

LES OPTIONS POLITIQUES

Chapitre 17

L'approche réglementaire de la politique d'atténuation climatique des États-Unis

Dallas Burtraw

En 2009, la Chambre des représentants des États-Unis a adopté, avec le soutien du nouveau président, une loi globale sur le climat prévoyant un système de plafonnement et d'échange applicable à tous les secteurs économiques. Puis le vent a tourné et cette mesure, que le Sénat n'a jamais adoptée, a été abandonnée. Le système de plafonnement et d'échange a été enterré et, pendant plus de deux ans, le président n'a plus évoqué le changement climatique. De nombreux observateurs ont pensé que l'engagement de réduire, d'ici 2020, les émissions des États-Unis de 17 % par rapport aux niveaux de 2005, pris par le président Obama à Copenhague en 2009, était tombé aux oubliettes.

Cependant, à l'insu de la communauté internationale et de la plupart des observateurs politiques, l'administration Obama poursuivait en coulisses une stratégie parallèle de lutte contre le changement climatique : faire exercer par l'EPA le pouvoir de réglementation que lui conférait le Clean Air Act. Le présent chapitre résume les principaux aspects de cette approche réglementaire ainsi que les résultats qui en sont attendus, et présente ses implications en termes d'efficacité économique et de viabilité.

1. Renforcer le pouvoir de réglementation de l'EPA

En 2007, une décision de la Cour suprême a confirmé le pouvoir de réglementation des GES conféré à l'EPA par le Clean Air Act. La décision de la Cour a été précipitée par les mesures déjà prises par les États qui mettaient en place des politiques climatiques. Elle a déclenché la conduite d'une enquête sous l'égide de l'Agence, dont les résultats ont officiellement confirmé en 2009 la nocivité des émissions de GES. Potentiellement exposée à des poursuites judiciaires privées (une disposition spéciale et inhabituelle du Clean Air Act), l'EPA a été contrainte d'agir pour atténuer ce risque. En janvier 2011, elle finalisait ses premières mesures : de nouvelles normes d'émission s'appliquant aux véhicules utilitaires légers et l'inclusion des GES dans les taux d'émission requis pour les permis de construire de sources fixes. La norme applicable aux véhicules s'est traduite par une amélioration annuelle de 5 % de l'efficacité des véhicules neufs (kilométrage parcouru par unité de carburant) et a

été prorogée jusqu'en 2025. Les nouvelles normes relatives aux sources mobiles devraient contribuer à une réduction d'environ 4 points de pourcentage des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sur l'objectif de 17 % d'ici 2020¹. Concernant les permis de construire, l'ajout des GES aux autres polluants atmosphériques n'aura guère d'effet dans les dix années à venir, parce que les nouvelles constructions s'étalent sur une longue période. L'effet considérable de cette disposition ne se fera donc sentir qu'à long terme.

En août 2015, le président a finalisé la pièce maîtresse de cet effort réglementaire, le Clean Power Plan, qui vise à réduire les émissions des centrales électriques existantes, responsables d'environ 40 % des émissions de CO₂ et de près d'un tiers des émissions totales de GES enregistrées à l'échelle nationale. À ce jour, ce plan constitue la contribution à la réduction des émissions la plus importante des États-Unis.

Parallèlement aux changements intervenus récemment sur les marchés des carburants américains, ces initiatives réglementaires placent les États-Unis en bonne voie d'atteindre intégralement ou presque leur engagement pris à Copenhague, au moins concernant les émissions de CO₂. La place croissante du gaz naturel et sa substitution au charbon dans la production d'électricité représentent déjà environ 3 à 4 points de pourcentage sur les 17 % de l'engagement. Cette contribution pourrait être interprétée comme une forme de statu quo et ne pas être portée au crédit de la politique climatique, mais d'une certaine manière, elle résulte d'autres mesures réglementaires renforcées visant les émissions de dioxyde de soufre et d'oxyde d'azote, ainsi que de la nouvelle réglementation relative au mercure et aux émanations toxiques des centrales à charbon. Les changements intervenus dans le secteur de l'électricité reflètent également les investissements fédéraux très conséquents consacrés aux programmes d'efficacité énergétique. Les mesures prises par le gouvernement des États et les administrations locales, notamment la promotion de technologies renouvelables et efficaces sur le plan énergétique, représentent 2 à 3 points de pourcentages supplémentaires. La réduction de 17 % des émissions que les États-Unis espèrent réaliser interviendrait dans le contexte d'une croissance de l'économie américaine de près de 30 % en termes réels, entre 2005 et 2020 (CBO, 2014).

1. Ce chiffre repose sur les estimations de rotation du parc automobile effectuées par l'Agence américaine de protection de l'environnement. D'autres estimations contenues dans ce paragraphe, notamment celles décrivant l'impact du Clean Power Plan, sont basées sur les travaux de recherche publiés par l'auteur qui s'appuie sur un modèle de simulation détaillé du secteur de l'électricité et une représentation réduite du reste de l'économie. Comme décrit dans le chapitre 12 par J. Aldy et W. Pizer: *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions: indicateurs et institutions*, la comparaison des efforts d'atténuation des nations soulève de nombreux problèmes, notamment celui de la validité des modèles utilisés pour mener à bien cet exercice.

2. Le Clean Power Plan

Avant le Clean Power Plan, les mesures en place à tous les échelons gouvernementaux auraient atteint une réduction des émissions d'environ 10 points de pourcentage par rapport aux niveaux de 2005. La première mouture de ce plan proposée en 2014 visait au moins 6 points de pourcentage supplémentaires, soit presque l'objectif de Copenhague. Sa version finale a repoussé la date butoir de la mise en conformité totale de 2020 à 2022. Elle incite toujours à investir dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique à partir de 2020, mais la nouvelle échéance retardera la motivation des industriels à effectuer la transition du charbon au gaz naturel, alors que celle-ci doit contribuer de manière importante à la réduction des émissions. L'effet net pourrait être un recul par rapport aux objectifs de 2020 de l'engagement de Copenhague. Néanmoins, le plan final fixe des objectifs de réduction des émissions d'ici 2019 plus stricts que sa version initiale.

Burtraw et Woerman (2013) estiment que, globalement, les mesures réglementaires prises sous l'autorité du Clean Air Act, si elles sont intégralement appliquées, entraîneront une réduction des émissions nationales très supérieure à ce qu'elle aurait été dans le cadre de la proposition de plafonnement et d'échange refusée par le Congrès. En effet, cette proposition comportait un objectif de réduction des émissions égal à celui de l'engagement de Copenhague, mais autorisait pour l'atteindre le recours à des mesures compensatoires internationales, qui se seraient substituées à la réduction des émissions nationales. Les mesures réglementaires adoptées sous l'autorité du Clean Air Act ne prévoyant pas ce type de mesures, toutes les réductions d'émissions sont réalisées dans les secteurs économiques des États-Unis.

Pour les décideurs et les économistes internationaux, la structure du Clean Power Plan est très intéressante parce que le processus qu'elle inaugure est à l'image de celui qui est en train de prendre forme dans les négociations internationales. Comme aux États-Unis, le dialogue international est passé de la conception d'un système coordonné à l'évolution d'un système organique s'appuyant sur les mesures prises par des juridictions souveraines. Chaque nation déclarera sa propre contribution à l'atténuation des émissions, déterminée au niveau national. Par analogie, le Clean Power Plan confie aux États américains la responsabilité de planifier, de mettre en œuvre et d'appliquer des stratégies de réduction des émissions. Il prescrit des objectifs de taux d'émission spécifiques à chaque État ainsi que des équivalents fondés sur la masse (plafonds d'émission) à titre d'alternative, et leur laisse le choix de l'approche. Si l'échelon fédéral fixe les objectifs applicables aux États – ce qui résout un aspect du problème soulevé par la coordination – il ne leur impose pas d'option stratégique. Il revient à chaque État de décider s'il se conformera à l'objectif de taux d'émission ou de plafond d'émission, et de soumettre un plan décrivant les politiques qui lui permettront d'atteindre la cible fixée par l'EPA. Cette disposition pose un problème de coordination non négligeable, notamment

lorsque plusieurs États interviennent sur le même marché de l'électricité. Ce problème de coordination se posera sûrement dans le contexte de l'élaboration d'une politique climatique internationale, mais la fuite de carbone liée à la production d'électricité et à l'investissement réalisé dans le cadre du Clean Power Plan est potentiellement beaucoup plus immédiate et importante que ce que l'évolution internationale de la production industrielle pourrait amener à observer (Bushnell *et al.*, 2014; Burtraw *et al.*, 2015).

De plus, tout comme les objectifs internationaux, les objectifs des États en matière de taux d'émission diffèrent. Ils reposent sur un double objectif national : celui fixé pour les centrales à charbon et celui fixé pour les centrales à cycle combiné alimentées au gaz naturel. Ces objectifs sont calculés sur la base du mix des ressources de chaque État, et notamment en fonction de l'opportunité de passer des énergies fossiles à une production d'électricité neutre en émissions. Dans une approche basée sur les taux, l'efficacité énergétique ouvre droit à un crédit d'émission. Dans le cadre d'un plafond d'émission, elle contribue directement au respect des objectifs. Les opportunités techniques à la disposition des différents États varient selon le bouquet énergétique, le parc des centrales et la disponibilité des ressources, tout comme elles diffèrent selon les pays.

3. Le triomphe du droit et de la technique : assimilation d'une idée économique clé

Par rapport à l'approche qu'adopteraient la plupart des économistes pour la conception d'une politique climatique, le Clean Power Plan pêche par sa non-prise en compte de la rentabilité, c'est-à-dire du soin apporté explicitement à l'égalisation des coûts marginaux des mesures de réduction des émissions dans l'ensemble du secteur et de l'économie. En ce sens, il représente le triomphe du droit et de la technique sur l'économie. Du droit, parce que sa mise en œuvre est assujettie aux obligations et aux contraintes du Clean Air Act et de la technique, et parce que les dispositions pertinentes de cette loi reposent sur la démonstration de ses avantages techniques. Comme les options, objets de la démonstration, tiennent compte des variations régionales, le coût marginal est certes grossièrement aligné, mais la rentabilité ne constitue pas la pièce maîtresse du plan.

Cependant, l'EPA a conservé un principe d'économie environnementale qui pourrait même être d'ordre supérieur : la possibilité d'associer conformité et souplesse. Pour atteindre les objectifs réglementaires, les États ont le choix entre deux approches : l'échange de droits d'émission (valeur moyenne des taux d'émission) ou l'équivalent fondé sur la masse. Ils ont à leur disposition un catalogue complet d'approches stratégiques, notamment le système de plafonnement et d'échange ou la taxation des émissions. Ils peuvent alternativement procéder à la planification des ressources, un exercice auquel sont familiers de nombreux États dans lesquels la production d'électricité est encore réglementée.

La souplesse qu'autorise le Clean Power Plan présente une importance capitale parce qu'elle confère aux entités réglementées les outils qui leur permettront de négocier un résultat rentable. Ce résultat n'est pas prévu dans le plan, mais il constitue une possibilité et il est probable que de nombreux groupes d'États chercheront à l'obtenir, au niveau national ou international. En ce sens, le Clean Power Plan diffère des approches réglementaires prescriptives traditionnelles et incarne un enseignement important issu de plusieurs dizaines d'années de réflexion économique.

Il vaut également la peine de noter que ce plan rend possibles et renforce les actions des premiers États et administrations locales à avoir adopté une politique climatique. Souvent, ces pionniers ont pris des mesures qui démontrent les opportunités techniques à l'origine des objectifs régionaux. Dix États américains disposent de programmes de plafonnement et d'échange; vingt-neuf autres possèdent des politiques d'appui aux technologies renouvelables et environ vingt-cinq ont financé des politiques d'efficacité énergétique². Les réalisations des États étant prises en compte dans les études de faisabilité de l'EPA qui sous-tendent la réglementation, ce leadership bottom-up a joué un rôle essentiel dans l'élaboration de la politique nationale. Paradoxalement, des politiques globales risquent de décourager ce type de leadership. Par exemple, les programmes de plafonnement et d'échange, qui fixent une quantité spécifique d'émissions échangeables, présentent la caractéristique inattendue d'imposer un plafond et un plancher d'émission (Burtraw et Shobe, 2009). Le volume d'émissions étant défini au niveau national, les mesures prises par les administrations infranationales (telles que celles relatives à l'efficacité énergétique) qui chevauchent un programme d'échange de droits d'émission entraînent une fuite de carbone de 100 % (Goulder et Stavins, 2011). Cette caractéristique sape les initiatives que pourraient prendre les agences de réglementation, les autorités infranationales ou les individus, c'est-à-dire le type d'actions décentralisées qui constituent le fondement technique de la réglementation actuelle³.

4. Processus et participation des citoyens

À l'inverse d'une politique globale susceptible de décourager les efforts infranationaux et individuels, le Clean Power Plan a lancé un vaste processus de participation publique qui exige la conduite d'activités de planification en interaction avec les citoyens dans la capitale de chaque État. L'importance

2. www.dsireusa.org (consulté le 14 août 2015).

3. Ce n'est pas nécessairement le résultat quand les gouvernements introduisent un prix du carbone et promeuvent simultanément des politiques complémentaires pour orienter le développement technologique. Par exemple, une taxe carbone continuera à inviter à innover même si d'autres dispositions encouragent des mesures incitatives orientées vers le développement technologique. Un programme de plafonnement et d'échange obtiendra le même résultat s'il existe un prix plancher. Les trois programmes de plafonnement et d'échange nord-américains (Californie, Québec et RGGI) sont dotés d'un prix plancher.

accordée au processus, une modalité stratégique empruntée aux États, semble refléter ce qui se passe à l'échelon international. Keohane et Victor (2013) suggèrent que la réussite de la politique climatique internationale dépendra probablement des enseignements et des coalitions issus d'un processus progressif. La participation des citoyens, que requiert le Clean Power Plan, est sans précédent et délibérée. Le résultat d'un processus de cette nature sera-t-il à la hauteur ? Rien n'est moins sûr, mais il pourrait faciliter la création d'un consensus public décentralisé en faveur de l'action climatique qui ferait défaut à une législation globale adoptée au niveau national, et qui était absent du débat sur le plafonnement et l'échange mené aux États-Unis il y a six ans.

Si le Clean Power Plan est intégralement mis en œuvre, les États-Unis seront en bonne voie d'atteindre l'engagement de réduction des émissions de CO₂ pris à Copenhague en faveur de la réduction des émissions. Après 2020, il livrera également des réductions supplémentaires qui iront dans le sens de l'engagement que le pays apporte à la table des négociations de Paris, visant à réduire les émissions de 26 à 28 % d'ici 2025. Il faudra toutefois des réglementations supplémentaires pour atteindre des réductions comparables en matière de GES ou pour réaliser intégralement l'objectif de 2025 (Hausker *et al.*, 2015). Les prochaines réglementations devraient concerner les émissions des poids lourds, les émissions de méthane produites par le secteur du gaz naturel (extraction et transport compris) et les émissions aéronautiques. D'autres s'attaqueront aux gaz industriels. Ces mesures pourraient permettre de tenir, et même de dépasser, l'engagement de Copenhague. On ignore encore si des options stratégiques susceptibles d'atteindre l'objectif de 2025 et ayant recours aux autorités de réglementation existantes ont été définies. Cependant, il y a deux ans seulement, de nombreux observateurs jugeaient improbable que les États-Unis se rapprochent à ce point de ces objectifs.

5. Efficacité et viabilité de l'approche réglementaire

Il est difficile de juger de l'efficacité de l'approche réglementaire. Le coût des normes automobiles dépend de la valeur des économies de carburant, un facteur directement lié aux fluctuations du prix de l'essence. Dans le secteur de l'électricité, le coût du Clean Power Plan dépend de la capacité des États à planifier ou à négocier un résultat rentable. S'ils y parviennent, les modèles indiquent que le coût marginal des réductions d'émissions serait d'environ 20 dollars US par tonne de CO₂ réduit (en dollars US de 2010) (Burtraw *et al.*, 2014). S'ils échouent, les coûts marginaux varieront considérablement sur le territoire national. À l'avenir, le Clean Air Act nécessitera d'étendre les réglementations à d'autres secteurs. Les coûts marginaux de réduction introduits dans d'autres secteurs pourraient être ajustés à ceux introduits dans le cadre du Clean Power Plan et à l'estimation du coût social du carbone effectuée par le gouvernement (Groupe de travail interinstitutions, 2015). La rentabilité jouerait alors un rôle éminent, si ce n'est central, dans la conception des poli-

tiques, permettant ainsi d'obtenir quasiment les mêmes performances qu'avec un prix global du carbone.

L'approche réglementaire sera-t-elle viable? Le Clean Air Act est une vénérable institution à l'origine d'une amélioration significative de la qualité de l'air aux États-Unis et il est tenu par la loi de lutter contre le changement climatique à l'avenir. Il est donc improbable que le Clean Power Plan soit cassé par le pouvoir politique, même en cas de changement radical des responsables à l'issue des prochaines élections. Une nouvelle administration opposée au Plan risque plutôt de ralentir l'élaboration de nouvelles réglementations et de pratiquer des coupes franches dans le budget de l'agence de réglementation, avec pour conséquence une érosion significative mais temporaire de l'efficacité de la politique climatique américaine. L'effort réglementaire est déjà confronté à une multitude de contestations judiciaires susceptibles d'en limiter la portée dans le secteur de l'électricité, mais pas d'y mettre un terme.

Il est important de noter que l'obligation de réglementer prévue par le Clean Air Act et la proposition spécifique du Clean Power Plan ont changé irrémédiablement la donne de l'investissement dans le secteur de l'électricité américain, quel que soit l'avenir du Plan. L'absence de nouveaux investissements dans les centrales à charbon et le déclin du rôle de ce minerai en constituent un résultat majeur, apparemment irréversible. La production d'électricité à partir du charbon existant demeure néanmoins significative et se situe au cœur du Clean Power Plan et il est probable que ce dernier conservera le pouvoir de réglementer ces sources d'émissions.

Par rapport à l'approche réglementaire, un prix du carbone fixé par la législation accélérerait-il ou ralentirait-il la décarbonisation de l'économie américaine? La réponse dépend avant tout de son niveau, bien qu'il faille également prendre en compte l'importance de la politique aux yeux des décideurs. Un mandat législatif visant directement des objectifs climatiques pourrait avoir davantage de force et un effet plus global que le pouvoir réglementaire qu'implique le Clean Air Act. Une approche législative serait entièrement déterminée par le jeu politique et influencée seulement de manière indirecte par la faisabilité technique et économique. Sur le plan législatif, le Congrès a toute latitude pour mettre en œuvre le plafonnement direct des émissions ou une taxe carbone. À l'inverse, la conception et la rigueur de la réglementation subissent indirectement l'influence de considérations politiques, mais reposent directement sur les résultats de faisabilité technique et économique. Si la dynamique politique n'est pas favorable à une tarification énergétique du carbone, le processus réglementaire continuera d'avancer à un rythme régulier quoique lent.

Certains observateurs ont suggéré l'adoption d'une tarification globale du carbone en échange de la suppression du rôle – potentiellement inefficace – de la réglementation en vigueur. Le Congrès a le pouvoir de préempter l'élaboration de nouvelles réglementations fédérales et même de certaines réglementations au niveau des États, ce qui pourrait être politiquement possible si cette préemption était couplée à une politique fédérale globale. Il n'est pas certain

que cette approche aboutirait à la politique sur le carbone la plus fiable, la plus stricte ou la plus efficace. L'innovation doit jouer un rôle important dans l'élaboration d'une politique climatique; à cet égard, l'efficacité des prix et de la réglementation diffère selon les secteurs et la durée.

Rien ne permet de dire si une approche réglementaire sera plus stricte ou plus pérenne qu'une approche législative, ou inversement. Les stratégies fondées sur la technologie risquent de s'avérer moins capricieuses que celles fondées sur le jeu politique. Certes, une approche législative serait plus simple et plus cohérente. Cependant, si elle était associée à la préemption des autorités de réglementation, elle déclencherait probablement une guerre politique intestine. L'introduction d'une politique globale qui laisserait en place, mais éclipserait, la lente et prudente autorité de réglementation, à l'origine des réductions d'émissions déjà réalisées aux États-Unis, constituerait un résultat a priori politiquement réaliste et susceptible de répondre aux espoirs des économistes.

Références

- BURTRAW D. et SHOBE W., 2009, « State and Local Climate Policy under a National Emissions Floor », document d'analyse du RFF n° 09-54, Washington DC.
- BURTRAW D. et WOERMAN M., 2013, « Economic Ideas for a Complex Climate Policy Regime », *Energy Economics* 40, S24-S31.
- BURTRAW D., Linn J., PALMER K. et Paul A., 2014, « The Costs and Consequences of Clean Air Act Regulation of CO₂ from Power Plants », *American Economic Review: Papers & Proceedings* 104 (4), p. 557-562.
- BURTRAW D., PALMER K., PAN S. et PAUL A., 2015, « A Proximate Mirror: Greenhouse Gas Rules and Strategic Behavior under the US Clean Air Act », document d'analyse du RFF n° 15-02, *Environment and Resource Economics*, 10.1007/s10640-015-9963-4, Washington DC.
- BUSHNELL J.B., HOLLAND S.P., HUGHES J.E. et KNITTEL C.R., 2014, « Strategic Policy Choice in State-Level Regulation: The EPA's Clean Power Plan », document de travail publié par l'Energy Institute de l'université de Californie n° 255.
- Congressional Budget Office, 2014, *The Budget and Economic Outlook: 2014-2024*, Washington DC, Congrès des États-Unis.
- GOULDER L.H. et STAVINS R.N., 2011, « Challenges from State-Federal Interactions in US Climate Change Policy », *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 101 (3), p. 253-257.
- Groupe de travail inter-institutions, 2015, « Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866 », révision du document de mai 2013, Groupe de travail interinstitutions sur le coût social du carbone, Gouvernement des États-Unis.

- HAUSKER K., MEEK K., GASPER R., ADEN N. et OBEITER M., 2015, « Delivering on the US Climate Commitment: A 10-Point Plan Toward A Low-Carbon Future », document de travail, World Resources Institute, Washington DC
- KEOHANE R.O. et VICTOR D.G., 2013, « The Transnational Politics of Energy », *Daedalus* 142 (1), p. 97-109.

Chapitre 18

Défis posés par la tarification du carbone

Thomas Sterner, Gunnar Köhlin¹

Paradoxalement, le problème du climat peut sembler très simple. Certaines activités génèrent des externalités qu'il conviendrait de tarifier selon le principe du « pollueur-payeur » à l'aide de taxes ou d'un système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPEDE). Les gaz autres que le carbone et les émissions liées à l'utilisation des terres et de la forêt compliquent les choses, mais ne remettent pas en cause la simplicité fondamentale du problème. Pourtant, peu de progrès ont été accomplis jusqu'ici en vue de stopper les émissions de carbone. La raison est en partie politique: compte tenu de l'impopularité de certaines politiques, les décideurs préfèrent nier le problème ou tergiverser. Par ailleurs, dans de nombreux pays, de puissants groupes de pression favorables aux énergies fossiles influent très directement sur les décisions des responsables politiques. Au niveau international, l'action unilatérale avance lentement et la question du partage des charges et de l'équité a interrompu les négociations à plusieurs reprises. Dans ces conditions, il est instructif d'examiner ce qui s'est passé jusqu'ici. Ce chapitre présente brièvement différentes expériences en matière de taxation du carbone au niveau sectoriel et national, le système de plafonnement et d'échange de l'Union européenne et l'*Energiewende*.

1. Taxe carbone

Selon les économistes, la tarification du carbone constitue la politique la plus rentable pour réduire les émissions. Elle est généralement plus efficace que la réglementation directe des technologies, des produits et des comportements, car elle impacte les niveaux de consommation et de production autant que les technologies, concerne toutes les branches d'activité, production comprise, et incite de manière dynamique à innover et à poursuivre les efforts de réduction des émissions. En outre, ses recettes peuvent servir à faciliter la transition vers les énergies renouvelables, couvrir les coûts d'administration et de mise en œuvre, ou abaisser les taxes sur la main-d'œuvre. Par ailleurs, une taxe encourage en permanence les industriels à réduire leurs émissions, contrairement

.....
1. L'auteur tient à remercier Amie Svärd et Susanna Olai pour la qualité de leurs travaux de recherche, ainsi que les éditeurs et les réviseurs pour leurs judicieux commentaires.

à un système de plafonnement et d'échange dont l'effet d'incitation cesse une fois le plafond fixé atteint. Enfin, elle s'intègre facilement aux mécanismes administratifs existants, alors qu'un programme de plafonnement et d'échange en requiert de nouveaux.

Les taxes carbone existent depuis 25 ans. La Finlande a ouvert la voie en 1990, imitée par les autres pays scandinaves dans les premières années de cette même décennie. En dépit des aspects positifs des taxes carbone, à ce jour, en dehors des pays scandinaves, rares sont les États à appliquer une taxe générale sur le carbone d'au moins 10 dollars US/tCO₂ : la Colombie Britannique, province du Canada, l'Irlande, le Royaume-Uni et la Suisse (Banque mondiale, 2014). En Suède, elle atteignait environ 130 dollars US/tCO₂ en avril 2015. Beaucoup plus élevée que les autres taxes carbone ou que le prix des permis d'émission en vigueur dans le monde, elle a, semble-t-il, apporté la preuve de son efficacité dans les branches d'activité concernées. Elle s'applique notamment au secteur du transport, où elle est strictement proportionnelle aux émissions de carbone de l'essence et du diesel, mais aussi à celui du chauffage des locaux commerciaux et résidentiels, et en partie à l'industrie².

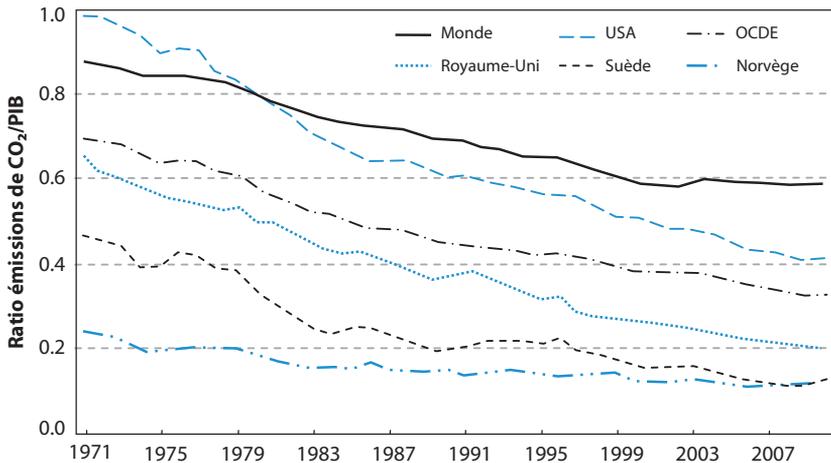
En Suède et dans les 27 autres pays de l'Union européenne, les bâtiments sont à l'origine d'une part importante des émissions de carbone : ils représentent en effet près de 40 % de la consommation d'énergie finale (28 % pour les immeubles résidentiels et 12 % pour les locaux non résidentiels) (Commission européenne, 2014). En Suède, plus de la moitié des bâtiments ont recours à un système de chauffage urbain, beaucoup plus efficace en soi qu'un dispositif propre à chaque construction. Au cours des dernières décennies, le système de chauffage urbain a pris de l'ampleur et changé de type de combustible plusieurs fois. Grâce à la taxe carbone appliquée en 1991, les énergies fossiles ont disparu progressivement et le chauffage urbain repose aujourd'hui presque entièrement sur les déchets et autres sources d'énergie renouvelables. Afin d'atténuer l'exposition aux chocs pétroliers, la part du pétrole a diminué dans les années 1980, au profit principalement du charbon et du gaz naturel. Ce n'est qu'après l'introduction de la taxe carbone que les biocombustibles sont devenus la principale source d'énergie du chauffage urbain et que les émissions ont chuté. Depuis 1980, la production de ce secteur a presque doublé, parallèlement à une baisse des émissions de carbone de 75 % (Svensk Fjärrvärme, 2015). La dernière baisse remonte à 2003, après la mise en œuvre du programme de certificats verts négociables³. Associé à

2. Les industriels sont assujettis à des taxes carbone réduites (mais élevées malgré tout au regard des normes internationales) et bénéficient également d'exemptions. Afin d'éviter une double imposition, les principales branches d'activité participent au système européen d'échange de quotas d'émission au lieu de payer des taxes.

3. En 2003, la Suède a lancé son programme de certificats verts négociables dans la production d'électricité. Les producteurs reçoivent un certificat de l'État par MWh d'électricité renouvelable générée. Ces certificats sont ensuite vendus sur un marché ouvert qui en détermine le prix. Ils constituent donc un revenu supplémentaire pour les producteurs d'énergie renouvelable. Les acheteurs, principalement des fournisseurs d'électricité, sont soumis à des quotas obligatoires d'achat de certificats. Les sources renouvelables ouvrant droit à ce programme sont l'énergie éolienne, plusieurs formes

la taxe carbone et à la réglementation du secteur du bâtiment, ce programme a sensiblement diminué la consommation moyenne d'énergie des bâtiments suédois.

Figure 18.1. Découplage du carbone et de la croissance économique



Source: AIE, 2012.

À l'échelle internationale, il paraît très peu probable que la taxe carbone sera l'unique instrument mis en place. Comme le montrent le chapitre 15 du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC ainsi que l'expérience du secteur du bâtiment suédois évoquée ci-dessus, les pays combinent habituellement plusieurs instruments visant simultanément des objectifs différents. Il est donc difficile d'évaluer l'efficacité et l'impact environnemental des taxes carbone. Entre 1990 et 2007, la Suède a connu une baisse de 9 % de ses émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et une progression de 51 % de son économie. Elle a réalisé un découplage marqué des émissions de CO₂ et de la croissance économique, et l'intensité carbone du PIB a décliné de 40 % (Johansson, 2000 ; Hammar *et al.*, 2013). Cependant, il est important de noter que ces chiffres ne concernent que les émissions générées par les activités de production domestique. Les produits fabriqués à l'étranger et consommés en Suède ne sont pas pris en compte. Concernant les émissions nationales, la taxe carbone suédoise s'est

d'hydroélectricité, certains biocarburants, l'énergie solaire, la géothermie, l'énergie marémotrice et la tourbe dans les installations de cogénération. Les centrales de nouvelle génération sont adéquates pour 15 ans et les quotas sont fixés jusqu'en 2035. En 2012, la Suède et la Norvège ont créé un marché commun de certificats d'électricité avec le même objectif : augmenter la production d'énergie renouvelable de 26,4 kWh entre 2012 et 2020. Les deux pays contribuent à 50 % du financement chacun, mais le marché décidera où et quand aura lieu la nouvelle production. Depuis son lancement, le système de certificats suédo-norvégien a déjà généré 10,3 kWh de nouvelle capacité de production d'énergie renouvelable (Agence suédoise de l'énergie, 2015).

avérée jusqu'ici une approche rentable et efficace pour tenir l'engagement du protocole de Kyoto. Les émissions de gaz à effet de serre ont diminué de 22 % depuis 1990 et le prochain objectif du pays est de les réduire de 40 % entre 1990 et 2020 (Naturvårdsverket, 2015). Comme l'illustre la figure 18.1., on observe une tendance claire à une baisse des émissions de CO₂ par unité de PIB au cours des quarante dernières années. En Suède, les émissions par unité de PIB représentent environ un tiers de la moyenne mondiale.

2. Problèmes politiques liés à la taxe carbone

Pendant les années 1990, la tentative de tarification européenne s'est soldée par un échec pour plusieurs raisons. La réticence des ministres des Finances à accepter des compromis concernant les impôts et à abandonner leurs prérogatives fiscales aux autorités supranationales est de notoriété publique. Les impôts et les taxes sont considérés comme une préoccupation nationale et comme un acteur central de la politique économique intérieure. Par ailleurs, les pays étaient peu favorables à ce que le pouvoir de décision leur échappe une nouvelle fois au profit de l'Union européenne. Dans les années 1990, le changement climatique n'était pas un sujet aussi brûlant qu'aujourd'hui, ce qui rendait plus ardue la mise en œuvre d'une politique efficace et susceptible de diminuer notablement les émissions de carbone. Cette situation a conduit de nombreuses personnes à conclure hâtivement que les taxes carbone ne fonctionnent pas et sont impossibles à mettre en œuvre.

À l'échelle internationale, de multiples autres raisons expliquent l'échec de la taxation du carbone : (i) les pressions vigoureuses exercées par des groupes de parties prenantes des énergies fossiles ; (ii) l'opposition du public en raison de la hausse des prix qui s'ensuivra ; (iii) la transparence des conséquences sur les « gagnants » et les « perdants » par rapport au coût beaucoup moins visible des réglementations (Brännlund et Persson, 2010) ; (iv) l'impression que les taxes nuisent au bien-être et aggravent le chômage du fait de la baisse de la consommation et de la production (Decker et Wohar, 2007) ; (v) l'éventuelle dépendance des voies institutionnelles, qui a conduit à privilégier le système de plafonnement et d'échange (Paterson, 2012). En l'absence de tarification directe du carbone, les pays ont tenté les réponses décrites ci-dessous.

2.1. Réponse 1 – Suppression des subventions aux énergies fossiles

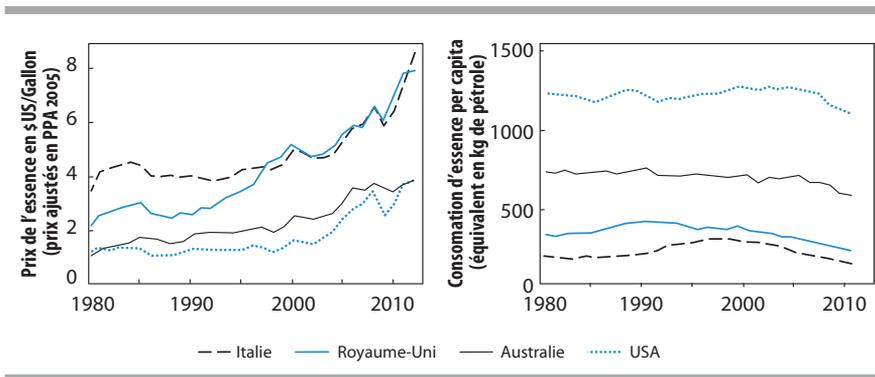
Étroitement liée aux taxes, la question majeure de la suppression des subventions énergétiques se situe néanmoins à l'autre extrémité de l'échelle de la réforme fiscale verte. Non seulement ces subventions nuisent à l'environnement de diverses manières, mais elles découragent aussi l'investissement dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, et imposent une charge budgétaire notable (Coady *et al.*, 2015). Le financement qu'elles requièrent conduit habituellement à creuser la dette publique ou à alourdir les taxes sur la main-d'œuvre ou les marchandises. Elles mobilisent également des fonds

qui auraient pu être consacrés à des dépenses publiques essentielles, dans la santé et l'éducation par exemple. Certains considèrent que les subventions énergétiques aident les ménages à faible revenu et les groupes défavorisés. En réalité, c'est tout le contraire, puisqu'elles profitent principalement aux riches (Sternier, 2011). Bien évidemment, l'indemnisation des perdants suite à une réforme supprimant les subventions soulève des problèmes politiques, mais ce point ne relève pas du présent chapitre. Dans les deux cas, la faiblesse actuelle des prix du pétrole offre une opportunité unique d'y mettre un terme (Fay *et al.*, 2015).

2.2. Réponse 2 – Taxation des carburants

Exerçant elles aussi un impact majeur sur les émissions, les taxes d'accises sur les biens à teneur élevée en carbone fossile constituent un instrument stratégique étroitement lié aux taxes carbone et susceptible de s'y substituer. Une taxe sur les carburants fossiles en constitue le meilleur exemple. Une taxe sur les carburants, qui est en fait une taxe carbone appliquée au secteur du transport, est parfois plus facile à mettre en œuvre. À l'échelle mondiale, les taxes sur le carburant étant donc plus nombreuses que celles sur le carbone, il existe davantage d'études et de données sur leur performance. Les études concluent que l'élasticité du prix du carburant est faible à court terme (entre $-0,1$ et $-0,25$). Autrement dit, si le prix du carburant augmente de 1 %, la consommation baissera de 0,1 à 0,25 % au cours de la première année d'application. Cet effet modeste est probablement imputable à la lenteur de l'évolution des structures, telles que les habitudes, l'infrastructure ou les technologies. Cependant, à long terme, les études arrivent à une élasticité moyenne du prix du carburant d'environ $-0,7$ (Graham et Glaister, 2002; Goodwin *et al.*, 2004).

Figure 18.2. Prix et consommation du carburant par habitant dans quatre pays



En Europe et au Japon, les taxes sur le carburant ont entraîné une baisse des émissions de CO₂ supérieure à 50 %. Selon diverses études, la taxation des carburants est la politique qui a probablement exercé le plus fort impact sur

les émissions mondiales de carbone (Stern, 2007). Non seulement ce type de taxe agit sur la consommation totale en incitant à changer les comportements individuels (p. ex., limiter le kilométrage parcouru), mais il pousse aussi les entreprises à inventer des technologies sobres en carburant et des véhicules plus « verts ». La figure 18.2. montre l'effet du prix des carburants sur la demande dans deux pays où le prix du carburant est élevé (Italie et Royaume-Uni) et dans deux pays où il est faible (États-Unis et Australie). Les deux extrêmes sont l'Italie et les États-Unis : le prix du carburant est trois fois plus élevé en Italie qu'aux États-Unis et la consommation par habitant aux États-Unis est plus de quatre fois supérieure à celle de l'Italie⁴.

Il est fréquemment reproché aux taxes sur les carburants de constituer des facteurs de régression : les personnes pauvres dépensent une plus grosse part de leur revenu disponible en carburant et en impôts. Stern (2011) a montré empiriquement que ce n'est généralement pas le cas. Dans de nombreux pays en développement et à faible revenu, les taxes sur les carburants sont des *facteurs de progression* et constituent une source de revenus précieuse pour l'État. La mesure de l'effet de progression dépend du lieu, de la conception de la politique et du type de carburant concerné. En Europe, les effets de distribution sont neutres, mais des études menées aux États-Unis montrent effectivement une certaine régression (Metcalf, 1999 ; Hassett *et al.*, 2009). Cependant, si le gouvernement américain faisait en sorte que les recettes issues de la taxation du carburant profitent aux consommateurs, celle-ci pourrait constituer une progression (West et Williams, 2012 ; Stern et Morris, 2013).

2.3. Réponse 3 – Système de plafonnement et d'échange, et réglementation

Contrairement à une taxe, le système de plafonnement et d'échange régule les quantités d'émissions et non le prix, ce qui constitue un avantage pour un organisme de réglementation désireux d'assurer un taux donné de baisse des émissions. Il consiste à créer des permis d'émission de CO₂ (un par tonne de CO₂ émise) qui autorisent des branches d'activités à émettre du CO₂. Si elles réduisent leurs émissions, elles pourront vendre l'excédent, en revanche elles devront acheter des permis si leurs émissions dépassent la quantité autorisée. Dans le cadre d'un programme de plafonnement et d'échange, les permis sont attribués aux enchères, gratuitement ou en associant les deux approches. Comme dans le cas de la tarification, les enchères permettent aux pouvoirs publics de générer un revenu, alors qu'il est évident que la gratuité ne leur rapporte rien. Dans ce dernier cas, le décideur doit néanmoins choisir un mécanisme d'allocation. L'un prend la forme d'une évaluation comparative grossièrement proportionnelle à la production, et l'autre repose sur le principe des droits acquis basés sur les niveaux d'émission historiques. Chacun présente des avantages et des inconvénients.

4. La consommation par habitant n'est pas uniquement affectée par les prix, mais ceux-ci jouent un rôle important (Stern, 2011).

Le système communautaire d'échange de quotas d'émission est le programme de plafonnement et d'échange le plus vaste au monde: il couvre près de 45 % des émissions totales de gaz à effet de serre de l'Union européenne (Commission européenne, 2013). Les estimations de réductions des émissions réalisées pendant la première (2005-2007) et la deuxième (2008-2012) phases du programme, calculées par rapport aux prévisions, se sont en général avérées modestes (Ellerman *et al.*, 2010; Anderson et Di Maria, 2010; Georgiev, 2011). Dans une publication récente, Bel et Joseph (2015) concluent que la crise mondiale de 2008/2009 a davantage joué sur la baisse des émissions que le système mis en place par l'Union européenne. L'indulgence qui a caractérisé l'allocation des permis pendant les deux premières phases amène souvent à remettre en cause l'efficacité du système. Il semble avoir été politiquement difficile pour le programme de fixer un plafond bas. Cependant, pendant sa troisième phase, le plafond baissera de 1,74 % par an. Nous savons donc que les émissions diminueront par rapport aux niveaux historiques. Actuellement, les permis demeurent peu coûteux, bien que les tenants du système de plafonnement et d'échange affirment y voir la conséquence de politiques secondaires et de conditions extérieures.

Malheureusement, les programmes de plafonnement et d'échange du carbone n'ont pas rencontré le succès escompté. Les plafonds ayant été fixés trop haut, les prix des permis ont été trop faibles pour pouvoir réaliser des réductions suffisantes. La forte pression exercée par les industriels explique en partie ce phénomène. Ces derniers ont également fait pression en faveur des droits acquis (GIEC, 2014). Burtraw et Palmer (2008) ont calculé que, si l'on appliquait le principe des droits acquis à 6 % seulement des permis à polluer délivrés aux producteurs d'électricité et vendait le reste aux enchères, le secteur maintiendrait ses profits. Au-delà d'environ 10 %, l'allocation de permis gratuits génère des bénéfices exceptionnels. Le système de plafonnement et d'échange a été un facteur de régression dans une certaine mesure, mais son coût a été compensé par des programmes de protection sociale en faveur des plus pauvres, tout au moins dans les pays riches (Blonz *et al.*, 2012).

Les politiciens craignent qu'un plafond bas nuise aux industries nationales. S'ils acceptent un plafond bas et que l'économie prospère, les prix des permis connaîtront une hausse vertigineuse. De ce fait, on assiste à une sur-allocation, parce que les entreprises et les politiciens veulent éviter des prix très élevés. De nombreux hommes politiques sont convaincus qu'un système de plafonnement et d'échange ne fonctionnera pas ou craignent d'accepter un plafond trop bas. À la place (ou en plus), ils mettent en œuvre d'autres types de réglementation (p. ex. certificats verts) pour compléter la politique, qui contribuent à leur tour à la faiblesse des prix des permis. De ce fait, contrairement aux taxes carbone, il n'est pas possible de compléter facilement les dispositifs de plafonnement et d'échange par d'autres politiques.

Aux États-Unis, les tentatives d'introduction de systèmes de plafonnement et d'échange ont réussi dans certains États, notamment la Californie, mais elles ont jusqu'ici échoué à l'échelon fédéral. Le pays est donc en train d'opter pour

la simple réglementation à grande échelle de divers secteurs émetteurs influant sur le changement climatique.

Dans le cadre des accords internationaux, les modalités de fonctionnement des différents instruments nationaux, tels que le système de plafonnement et d'échange ou les taxes carbone, constituent une question intéressante et importante. À ce jour, la plupart des négociations ont porté sur des allocations quantitatives ou des engagements pris par différents pays. La liaison entre plusieurs programmes de plafonnement et d'échange pourrait être envisagée. Les implications d'une telle approche sont cependant loin d'être évidentes. Il est difficile de lier des programmes en l'absence d'un accord sans réserve sur leurs objectifs futurs (ce qui constitue le point le plus sujet à controverse dans les négociations internationales)⁵. À titre d'alternative, certains auteurs ont donc suggéré de structurer les négociations internationales autour d'un accord sur les prix minimaux (Nordhaus, 2015; Weitzman, 2014).

2.4. Réponse 4 – Promotion des énergies renouvelables

En matière d'instruments stratégiques efficaces et de traités internationaux, les progrès s'avèrent donc généralement limités. La tarification et les systèmes de plafonnement et d'échange suscitent une forte résistance. Pour atteindre la neutralité carbone, réduire les émissions ne suffit pas. Il faut aussi (et peut-être est-ce encore plus important) mettre en place une nouvelle infrastructure énergétique basée sur des énergies renouvelables, telles que les énergies solaire et éolienne, et l'hydroélectricité⁶. À ce jour, les énergies renouvelables ont eu besoin du soutien des pouvoirs publics afin de devenir une option viable pour les particuliers et les industriels, mais l'écart de prix entre énergies fossiles et énergies renouvelables se comble très vite⁷. En raison de l'effet dynamique des prix relatifs des énergies renouvelables et des combustibles fossiles, nous sommes convaincus qu'il est essentiel d'aborder cette question parallèlement à celle des taxes. Lorsque les énergies renouvelables deviendront moins onéreuses que les combustibles fossiles, le marché se chargera de la transition. Au vu du faible écart de prix actuel, ce glissement pourrait être induit par des

5. Pour obtenir des points de vue différents sur les avantages et les inconvénients de la liaison des systèmes de plafonnement et d'échange de plusieurs pays, voir Green *et al.*, 2014, ou le chapitre 20 de ce volume par R.N. Stavins : *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat*.

6. Pour un examen plus approfondi des approches visant l'augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables, voir le chapitre 22 de ce volume par Michael Toman : *La coopération internationale pour les technologies énergétiques avancées*.

7. Selon la base de données du New Energy Finance de Bloomberg (2014), le coût mondial moyen de l'électricité solaire photovoltaïque a chuté de plus de 50 % au cours des cinq dernières années, et celui de l'énergie éolienne d'environ 15 % sur la même période. Le coût de la production d'électricité à partir du charbon et du gaz naturel n'a pas évolué de manière significative au cours de ce laps de temps. Le coût mondial estimé de la production d'électricité éolienne est proche de celui du charbon, tandis que celui de la production à partir de gaz naturel demeure inférieur à celui de l'énergie éolienne et du charbon. Le coût de l'électricité solaire photovoltaïque est actuellement environ le double de celui du gaz naturel. Cependant, cela changera si la tendance à une chute rapide des coûts du système se poursuit. À noter que les coûts de production de l'électricité présentent de fortes disparités locales.

taxes carbone, le subventionnement des énergies renouvelables ou les deux.

L'Allemagne a eu la volonté politique de subventionner les énergies renouvelables afin de combler l'écart entre les sources fossiles et renouvelables. Depuis au moins 15 ans⁸, elle mène une initiative de transition énergétique (*Energiewende*) dans la production d'électricité, visant à abandonner le nucléaire et le charbon au profit de sources renouvelables d'ici quarante ans. Ses objectifs comprennent la réduction des émissions de gaz à effet de serre de 80 à 95 % par rapport à 1990, l'augmentation de l'efficacité énergétique de 50 % afin de réduire la consommation et la hausse à 80 % de la part des sources renouvelables dans la consommation d'énergie. La transition se centre principalement sur le renforcement des sources d'énergie solaire et éolienne, qui constituent les technologies renouvelables les plus rentables à ce jour (Agora Energiewende, 2013). Entre 2000 et 2014, la part de la consommation d'énergies renouvelables est passée de 6 à 27 % (BDEW, 2014).

Jusqu'ici, en dépit de la progression notable de l'utilisation des énergies renouvelables, les émissions de carbone par kWh n'ont guère baissé, parce que l'Allemagne tente simultanément de réduire les émissions de carbone et d'arrêter progressivement le nucléaire à l'horizon 2022 (Agora Energiewende, 2014). Une externalité positive de cette politique est la diminution du coût des énergies renouvelables pour le reste du monde, grâce au savoir-faire et à l'innovation technologique. Cependant, le tarif de rachat initial mis en œuvre en 2000 garantissait 20 ans de prix fixes très élevés aux producteurs d'énergies solaire et éolienne. La pose de panneaux solaires a grimpé en flèche et les parcs éoliens se sont étendus très rapidement. L'effet recherché sur l'offre d'électricité a bien eu lieu, mais plus l'offre augmentait, plus la subvention devenait onéreuse. En dépit d'une baisse considérable des prix, le coût (réparti entre tous les ménages) demeure très conséquent. Les investisseurs de la première heure ont bénéficié d'un excellent retour sur investissement.

Les stratégies technologiques de l'*Energiewende* ont réussi à accroître l'offre et à abaisser le prix des énergies renouvelables. Par conséquent, l'équilibre du pouvoir entre les groupes de pression s'est modifié : celui des énergies fossiles s'est affaibli et celui des énergies vertes s'est renforcé, accroissant du même coup la probabilité d'adoption d'autres politiques, telles que la tarification du carbone. À l'échelon national, le passage à des sources d'énergie renouvelables comporte cependant quelques difficultés : les énergies solaire et éolienne sont intermittentes et le stockage de l'énergie en général coûte cher. Un système fondé sur les énergies renouvelables devra relever ces défis. Cela nécessitera de modifier considérablement le modèle traditionnel des services collectifs, avec notamment l'élaboration de mesures incitatives pour le stockage et la transmission, ainsi qu'une tarification en fonction de la période de la journée afin de susciter la demande.

8. La loi sur les sources d'énergie renouvelables (*Erneuerbare-Energien-Gesetz*) a été adoptée en 2000.

Conclusion

Quand les taxes carbone leur paraissaient politiquement impossibles à mettre en place, les décideurs ont opté pour un système de plafonnement et d'échange afin de fixer une quantité d'émissions de préférence à un prix. L'expérience a néanmoins montré qu'il est aussi difficile de négocier une quantité qu'un prix. La quantité fait apparaître plus nettement les « gagnants » et les « perdants » d'une négociation. Les questions de répartition et d'équité ont provoqué l'arrêt des négociations précédentes. Sur le plan mondial, les grands pays comme l'Inde auront intérêt à ce que les quantités soient fixées par habitant, alors que le principe des droits acquis sera plus favorable aux gros émetteurs historiques tels que les États-Unis.

En vue de faciliter le processus de négociations à Paris, certains universitaires conseillent de s'intéresser aux prix plutôt qu'aux quantités, comme mentionné ci-dessus ; de façon à ce que le traité et sa mise en œuvre soient plus compatibles avec des mesures d'incitation par exemple (Nordhaus, 2015), ou parce qu'il est plus facile de négocier un seul chiffre qu'une quantité (Weitzman, 2014). Pour les industriels, le coût est opaque lorsque l'on raisonne en termes de quantités, plus transparent lorsque l'on raisonne en termes de prix. Le régime et les négociations à venir comprendront peut-être de multiples instruments (éventuellement pour différents aspects du complexe lié au changement climatique, différents secteurs, différents gaz, etc.). Les négociations pourraient fixer non seulement des engagements quantitatifs, mais aussi un prix plancher ou même une taxe par tonne de carbone. Les pays seraient ensuite libres d'opter pour le niveau minimal ou d'aller plus loin, comme la Suède, et de hausser la barre afin d'inciter les consommateurs à adopter des comportements efficaces sur le plan énergétique et les industriels à investir dans la recherche et le développement de nouvelles technologies. Le prix plancher augmenterait l'efficacité mondiale de l'atténuation du carbone et réduirait le risque de fuite et le nombre de paradis pour les pollueurs. Dans le même temps, le marché serait clairement encouragé à investir dans les énergies renouvelables et la réduction des émissions.

Références

- Agence internationale de l'énergie (AIE), 2012, *CO₂ Emissions from Fuel Combustion*, Paris.
- Agence suédoise de l'énergie, 2015, « En svensk-norsk elcertifikatsmarknad - Årsrapport för 2014 », Energimyndigheten (disponible en suédois à l'adresse : <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=3069>).
- Agora Energiewende, 2013, « 12 Insights on Germany's *Energiewende* », document d'analyse sur les principaux défis auxquels est confronté le secteur de l'énergie, Berlin.
- Agora Energiewende, 2014, « Benefits of Energy Efficiency on the German

- Power Sector», rapport final d'une étude effectuée par Prognos AG et IAEW, Berlin, p. 65-69.
- ANDERSON B. et DI MARIA C., 2010, « Abatement and Allocation in the Pilot Phase of the EU ETS », *Environmental and Resource Economics* 48, p. 83-103.
 - Banque mondiale, 2014, *State and Trends of Carbon Pricing 2014*. Washington DC, Banque mondiale.
 - BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft), 2014, « Stromerzeugung nach Energieträgern 1990-2014 » i.e. « *Production d'électricité par source d'énergie, 1990-2014* » (disponible en allemand à l'adresse : http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20150803_brd_stromerzeugung1990-2014.pdf).
 - BEL G. et JOSEPH S., 2015, « Industrial Emissions abatement: Untangling the impacts of the EU ETS and the economic crisis », *Energy Economics* 49, p. 531-533.
 - BLOOMBERG, 2014, base de données de New Energy Finance (consultée en novembre 2014).
 - BLONZ J., BURTRAW D. et WALLS M., 2012, « Social safety nets and US climate policy costs », *Climate Policy* 12, p. 474-490.
 - BRÄNNLUND R. et PERSSON L., 2010, « Tax or No Tax? Preferences for Climate Policy Attributes », Center for Environmental and Resource Economics (CERE), Umeå, Suède (disponible en anglais à l'adresse : https://ideas.repec.org/p/hhs/slucer/2010_004.html).
 - BURTRAW B. et PALMER K., 2008, « Compensation Rules for Climate Policy in the Electricity Sector », *Journal of Policy Analysis and Management* 27 (4), p. 819-847.
 - COADY D., PARRY I., SEARS L. et SHANG B., 2015, « How Large Are Global Energy Subsidies? », document de travail du FMI WP15/105, Washington DC.
 - Commission européenne, 2013, « Système européen d'échange de quotas d'émission (EU ETS) », Bruxelles.
 - Commission européenne, 2014, « Efficacité énergétique : quelle contribution à la sécurité énergétique et au cadre d'action 2030 en matière de climat et d'énergie? », communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil de l'Europe, Bruxelles.
 - DECKER C.S. et WOHAR M.E., 2007, « Determinants of state diesel fuel excise tax rates: the political economy of fuel taxation in the United States », *The Annals of Regional Science* 41, p. 171-188.
 - ELLERMAN A.D., CONVERY F.J. et DE PERTHUIS C., 2010, *Pricing Carbon: The European Union Emissions Trading Scheme*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - FAY M., HALLEGATTE S., VOGT-SCHILB A., ROZENBERG J., NARLOCH U. et KERR T., 2015, *Decarbonizing Development: Three Steps to a Zero-Carbon Future*, Climate Change and Development, Washington DC, Banque mondiale.
 - GEORGIEV A., ALESSI M., EGENHOFER C. et FUJIWARA N., 2011, « The EU

- Emission Trading System and Climate Policy Towards 2050», Center for European Policy Studies, Bruxelles.
- GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GOODWIN P., DARGAY J. et HANLY M., 2004, «Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review», *Transport Reviews* 24, p. 275-292.
 - GRAHAM D.J. et GLAISTER S., 2002, «The Demand for Automobile Fuel: A Survey of Elasticities», *Journal of Transport Economics and Policy* 36 (1), p. 1-25.
 - GREEN J., STERNER T. et WAGNER G., 2014, «A balance of 'bottom-up' and 'top-down' in linking climate policies», *Nature Climate Change* 4, p. 1064-1067.
 - HAMMAR H., STERNER T. et AKERFELDT S., 2013, «Sweden's CO₂ tax and taxation reform experiences» in R. Genevey, R.K. Pachauri et L. Tubiana (éds.), *Reducing Inequalities: A Sustainable Development Challenge*, New Delhi, The Energy and Resources Institute.
 - HASSETT K.A., MATHUR A. et METCALF G., 2009, «The Incidence of a US Carbon Tax: A Lifetime and Regional Analysis», *The Energy Journal* 30, p. 155-178.
 - JOHANSSON B., 2000, «The Carbon Tax in Sweden» in *Innovation and the Environment*, Paris, Publications de l'OCDE, p. 85-94.
 - METCALF G.E., 1999, «A Distributional Analysis of Green Tax Reforms», *National Tax Journal* 52 (4), p. 655-682.
 - MORRIS D.F. et STERNER T., 2013, «Defying Conventional Wisdom: Distributional Impacts of Fuel Taxes», document de travail, Mistra Indigo.
 - Naturvårdsverket, 2015, «Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges miljökvalitetsmål och etappmål 2015», Stockholm, Agence suédoise de protection de l'environnement.
 - NORDHAUS W., 2015, «Climate Clubs: Designing a Mechanism to Overcome Free-riding in International Climate Policy», document de référence du discours présidentiel à l'American Economic Association.
 - PATERSON M., 2012, «Who and what are carbon markets for? Politics and the development of climate policy», *Climate Policy* 12, p. 82-97.
 - STERNER T. (2007), «Fuel taxes: An important instrument for climate policy», *Energy Policy* 35, p. 3194-3202.
 - STERNER T., 2011, *Fuel Taxes and the Poor: The Distributional Effects of Gasoline Taxation and Their Implications for Climate Policy*, Washington DC, RFF Press.
 - Svensk Fjärrvärme, 2015, *Tillförd energy utveckling 1980-2012*, Stockholm (disponible en suédois à l'adresse : www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarme/Energitillforsel/Tillford-energi-utveckling-1980-2012/).
 - WEITZMAN M., 2014, «Can Negotiating a Uniform Carbon Price Help to Internalize the Global Warming Externality?», *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1 (1), p. 29-49.

- WEST S.E. et WILLIAMS III. R.C., 2012, « Estimates from a Consumer Demand System: Implications for the Incidence of Environmental Taxes » in T. Sterner (éd.), *Fuel Taxes and the Poor: The Distributional Effects of Gasoline Taxation and Their Implications for Climate Policy*, Abingdon, Royaume-Uni, RFF Press, p. 78-105.

Chapitre 19

Taxation du carbone : situation actuelle et perspectives

Xueman Wang et Maja Murisic¹

La tarification du carbone s'impose comme un élément essentiel pour atteindre les objectifs mondiaux d'atténuation, envoyant un signal nécessaire en faveur de l'investissement dans une croissance résiliente et sobre en carbone. En fonction de la situation et des priorités de développement propres à chaque pays, divers instruments peuvent être utilisés pour donner un prix juste au carbone et réduire les émissions de façon rentable. En 2015, quelque 40 territoires nationaux et plus de 20 territoires infranationaux, représentant près du quart des émissions mondiales de GES, donnent un prix au carbone. Malgré des expériences réussies et les enseignements qui ont été tirés au fil des ans sur la mise en œuvre des taxes carbone, il ne faut pas sous-estimer les difficultés rencontrées par les pays lors de la conception et de la mise en œuvre de ces taxes.

Dans le présent chapitre, la section 1 décrit comment le contexte national impacte la sélection des instruments de tarification, la section 2 fait un tour d'horizon des taxes carbone dans le monde et la section 3 propose des options de tarification mondiale du carbone.

1. Le contexte national, principal facteur de sélection des instruments de tarification du carbone

1.1. Une grande variété d'instruments de tarification du carbone

Pour combler l'écart entre l'objectif des 2 °C et notre trajectoire climatique actuelle, il nous faut des politiques pragmatiques et des solutions encourageant la compétitivité, qui soutiennent les objectifs nationaux de développement tout en réduisant les émissions de carbone. À l'approche de l'échéance de 2015 pour l'adoption d'un accord mondial sur le climat, les décideurs du monde entier se

.....

1. Les observations, interprétations et conclusions exprimées dans ce document relèvent uniquement de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de la Banque mondiale, du Partnership for Market Readiness ou des pays que ceux-ci représentent. La Banque mondiale ne garantit pas l'exactitude des données citées dans cet ouvrage. Les frontières, les couleurs, les dénominations et toute autre information figurant sur les cartes de cet ouvrage n'impliquent de la part de la Banque mondiale aucun jugement quant au statut juridique d'un territoire quelconque et ne signifient nullement que l'institution reconnaît ou accepte ces frontières.

.....

tourment de plus en plus vers la tarification du carbone pour tenter d'atteindre les objectifs mondiaux d'atténuation, tout en envoyant un signal nécessaire en faveur de l'investissement dans une croissance résiliente et sobre en carbone.

1.2. Nécessité de prendre en compte l'économie politique nationale

En fonction de leurs situations et priorités de développement spécifiques, les pays optent pour divers instruments visant à donner un prix juste au carbone et à réduire les émissions de façon rentable. Les considérations qui sous-tendent le choix d'un instrument de tarification du carbone peuvent être d'ordre politique, économique, institutionnel ou social, pour n'en nommer que quelques-unes. Dans certains cas, il est plus facile de mettre en place un instrument plutôt qu'un autre. En outre, des caractéristiques particulières de conception peuvent limiter l'opposition à l'instrument choisi, sans remettre en cause l'efficacité environnementale.

L'**Afrique du Sud** est un bon exemple. Du fait que la majorité des émissions de GES du pays proviennent du secteur énergétique et en raison de la nature oligopolistique du marché de l'énergie, dominé par quelques compagnies, la mise en place d'une taxe carbone s'imposait comme une évidence. En effet, le nombre insuffisant d'acteurs du secteur énergétique aurait vraisemblablement réduit les gains d'efficacité normalement associés à un système d'échange de droits d'émission (ETS). En outre, plusieurs études sur l'impact macro-économique d'une taxe carbone en Afrique du Sud ont montré qu'elle pouvait être un instrument clé pour permettre au pays d'atteindre ses objectifs d'atténuation à un coût raisonnable, en particulier si elle était associée à une ou plusieurs solutions de réaffectation des recettes (Banque mondiale, 2015a).

La **Chine**, quant à elle, a opté pour un instrument fondé sur le marché. Avec le soutien du Partnership for Market Readiness (PMR) de la Banque mondiale, le gouvernement intensifie ses efforts en vue de l'élaboration d'un ETS national, qui devrait être lancé en 2016 ou 2017. Cet ETS concernera les grands secteurs industriels et énergétiques, qui sont les principaux responsables des émissions de GES. L'ETS national devrait jouer un rôle essentiel en utilisant les mécanismes de marché pour réduire les émissions à grande échelle, mais de façon rentable.

Taxe carbone et ETS: ces systèmes sont-ils si différents ?

Si le choix d'un ETS ou d'une taxe carbone repose principalement sur des considérations liées à l'économie politique, il existe plus de similitudes que de différences entre ces deux approches. En outre, les caractéristiques de conception sont plus importantes que le choix de l'instrument lui-même. Par exemple, de nombreux systèmes ETS s'orientent vers des éléments « hybrides », notamment des prix planchers ou des réserves de stabilité du marché. À cet effet, le dispositif britannique de prix plancher du carbone (CPF) se traduit par une taxe sur les combustibles fossiles utilisés pour la production d'électricité. Certains dispositifs fiscaux comprennent également des éléments « hybrides »

similaires, notamment des systèmes de compensation des émissions de carbone. L'Afrique du Sud constitue une nouvelle fois un excellent exemple de cette approche, puisqu'elle examine actuellement comment les compensations peuvent compléter sa taxe carbone et faire office de mécanisme de flexibilité permettant aux industries de mettre en œuvre des mesures d'atténuation à moindre coût, et donc de réduire le montant de leurs impôts. Afin de garantir la mise en œuvre efficace d'une taxe carbone associée à un mécanisme de compensation complémentaire, facilitant au final la transition vers une économie sobre en carbone, les caractéristiques de conception doivent être mûrement réfléchies. Dans le cas de l'Afrique du Sud, il faut notamment pouvoir justifier de crédits exclusivement issus du pays pour pouvoir bénéficier du système de compensation des émissions de carbone.

2. Les taxes carbone dans le monde : vue d'ensemble et évolutions récentes

2.1. Lumière sur les taxes carbone

Une taxe carbone est une taxe directement liée au niveau des émissions de CO₂, souvent exprimée à l'aide d'une valeur par tonne d'équivalent CO₂ (t-éqCO₂). Les taxes carbone permettent de déterminer clairement les coûts marginaux encourus par les émetteurs pour chaque tonne d'équivalent CO₂, mais ne garantissent pas un niveau maximal de réduction des émissions, contrairement aux ETS².

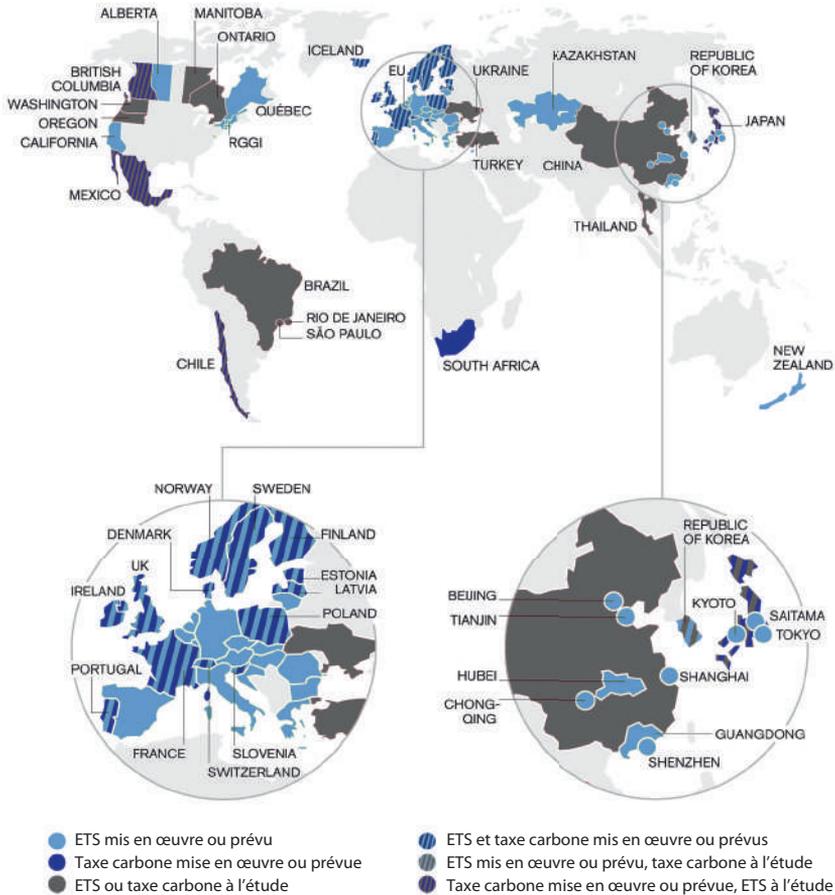
Les taxes carbone peuvent prendre la forme de taxes « en amont » (sur la teneur en carbone des combustibles), de taxes « en aval » (payées par les émetteurs) ou une combinaison des deux. Dans tous les cas, la principale question politique consiste à déterminer la base d'imposition, le taux d'imposition, l'utilisation des recettes, les mécanismes de compensation pour les industries et les ménages, le cas échéant, ainsi que les modalités de coordination et d'interaction avec les autres politiques.

2.2. Vue d'ensemble des taxes carbone existantes et émergentes

Aujourd'hui, quelque 40 territoires nationaux et plus de 20 territoires infranationaux, représentant près du quart des émissions mondiales de GES, donnent un prix au carbone (voir la figure 19.1. et le tableau 19.1.) (Banque mondiale, 2015b). Ces instruments de tarification du carbone concernent près de la moitié des émissions dans ces territoires, soit environ 7 Gt-éqCO₂ et environ 12 % des émissions annuelles mondiales de GES (Banque mondiale, 2015b). À l'échelle du globe, la valeur des ETS était estimée à environ 34 milliards de dollars US au 1^{er} avril 2015, tandis que les taxes carbone existantes sont évaluées à 14 milliards de dollars US (Banque mondiale, 2015b).

2. D'après les données de l'OCDE, 2013.

Figure 19.1. Carte récapitulative des instruments de tarification du carbone existants, émergents et potentiels aux niveaux régional, national et infranational (ETS et taxes)



Source: Banque mondiale, 2015b.

2.3. Expérience des taxes carbone dans les pays et territoires développés

Initialement introduites en Europe au début des années 1990, les taxes carbone ont souvent été associées à un autre instrument de tarification du carbone, par exemple une taxe sur l'énergie³. Si la mise en œuvre de taxes carbone directes est relativement récente, des enseignements importants peuvent être tirés de l'expérience de certains pays et territoires, tels que la Colombie-Britannique, la Norvège ou la Suède.

3. Voir le chapitre 18 de ce volume par T. Sterner et Gunnar K.: *Défis posés par la tarification du carbone*.

Tableau 19.1. Vue d'ensemble des taxes carbone dans le monde

Pays/territoire	Type / Année d'adoption	Vue d'ensemble/couverture	Taux d'imposition
1 Afrique du Sud	National 2016	L'Afrique du Sud prévoit de mettre en place une taxe carbone de 120 rands par t-éqCO ₂ et de l'augmenter chaque année à partir de janvier 2016. Cette taxe est envisagée comme une taxe sur la consommation de combustibles, basée sur la teneur en carbone des combustibles utilisés. Elle concernera toutes les émissions directes de GES provenant de sources fixes, qu'il s'agisse de la combustion de combustibles ou d'émissions liées à des procédés industriels non énergétiques, soit environ 80 % du total des émissions de GES.	120 ZAR par t-éqCO ₂ (taux d'imposition proposé pour 2016)* * Il a été proposé d'augmenter cette taxe de 10 % par an jusqu'à la fin de l'année 2019.
2 Chili	National 2014	La taxe carbone du Chili fait partie d'une loi promulguée en 2014. Elle est actuellement examinée par le Sénat et devrait entrer en vigueur en 2017. Elle est conçue comme une taxe sur les émissions provenant de chaudières et turbines d'une puissance thermique supérieure ou égale à 50 mégawatts (MW).	30 USD par t-éqCO ₂ (2018)
3 Colombie-Britannique (Canada)	Infra-national	La taxe carbone s'applique à l'achat et à l'utilisation de combustibles dans la province. Elle est sans incidence sur les recettes, ce qui signifie que tous les fonds générés sont reversés aux citoyens par le biais de la réduction d'autres taxes.	30 CAD par t-éqCO ₂ (2012)
4 Costa Rica	National 1997	En 1997, le Costa Rica a promulgué une taxe sur la pollution liée au carbone, fixée à 3,5 % de la valeur marchande des combustibles fossiles. Les recettes générées par cette taxe sont affectées au Programme de paiements pour services environnementaux (PSE), qui propose aux propriétaires fonciers des mesures d'incitation en faveur du développement durable et de la préservation des forêts.	Taxe de 3,5 % sur les combustibles fossiles
5 Danemark	National 1992	La taxe carbone du Danemark concerne toutes les formes de consommation de combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole et charbon). Elle prévoit des modalités de remboursement et d'exonération partielle pour les secteurs soumis à l'ETS européen, les procédés énergivores, les biens exportés, la production de combustibles dans les raffineries et de nombreuses activités de transport. Les combustibles utilisés pour la production d'électricité ne sont pas non plus concernés par la taxe carbone, mais par une taxe spécifique.	31 USD par t-éqCO ₂ (2014)

6	Finlande	National 1990	Initialement basée uniquement sur le carbone, la taxe finlandaise a ensuite été transformée en une taxe mixte incluant l'énergie. Elle ne concernait au départ que la production de chaleur et d'électricité, mais a ensuite été élargie aux transports et aux combustibles de chauffage.	35 EUR par t-éqCO ₂ (2013)
7	France	National 2014	En décembre 2013, le Parlement français a approuvé une taxe nationale sur la consommation de produits énergétiques, pour les applications non soumises à l'ETS européen. La taxe est basée sur la teneur en CO ₂ des combustibles fossiles. Une taxe carbone liée à l'utilisation de gaz naturel, de fioul lourd et de charbon, a été mise en place le 1 ^{er} avril 2014. Elle est passée à 14,5 euros par t-éqCO ₂ en 2015 et devrait atteindre 22 euros par t-éqCO ₂ en 2016. À partir de 2015, cette taxe carbone sera élargie aux carburants et au fioul domestique.	7 EUR par t-éqCO ₂ (2014)
8	Irlande	National 2010	La taxe carbone se limite aux secteurs non soumis à l'ETS européen et exclut la plupart des émissions liées à l'agriculture. Elle s'applique en revanche à l'essence, au fioul lourd, au diesel automobile, au kérosène, au gaz de pétrole liquéfié (GPL), au fioul, au gaz naturel, au charbon et à la tourbe, ainsi qu'au carburant pour avions.	20 EUR par t-éqCO ₂ (2013)
9	Islande	National 2010	Tous les importateurs, y compris les importateurs de combustibles fossiles liquides (gazole, essence, carburants pour avions, fioul), sont assujettis à la taxe carbone, que ces combustibles soient destinés à la vente ou à un usage personnel. La taxe carbone sur les combustibles fossiles liquides est versée au Trésor public. Depuis 2011, son taux correspond à un prix du carbone équivalent à 75 % du prix actuel fixé par l'ETS européen.	10 USD par t-éqCO ₂ (2014)
10	Japon	National 2012	La taxe japonaise pour l'atténuation du changement climatique concerne l'utilisation de tous les combustibles fossiles, notamment le pétrole, le gaz naturel et le charbon, en fonction de leurs émissions de CO ₂ . Un coefficient d'émission par secteur permet notamment de définir le taux d'imposition par unité, de manière à ce que la charge fiscale soit toujours égale à 2 dollars US par t-éqCO ₂ (en avril 2014).	2 USD par t-éqCO ₂ (2014)

11	Mexique	National 2012	La taxe carbone du Mexique concerne les combustibles fossiles vendus et importés par les fabricants, les producteurs et les importateurs. Il ne s'agit pas d'une taxe sur la teneur en carbone des combustibles, mais plutôt sur les émissions supplémentaires générées si des combustibles fossiles sont utilisés à la place du gaz naturel. Ce dernier n'est donc pas soumis à la taxe carbone, bien qu'il puisse l'être à l'avenir. Le taux d'imposition est plafonné à 3 % du prix de vente du combustible. Les entreprises assujetties peuvent choisir de payer cette taxe à l'aide de crédits issus de projets nationaux relevant du Mécanisme de développement propre (MDP), en fonction de la valeur de ces crédits au moment du paiement de la taxe.	10 à 50 MXN par t-éqCO ₂ (2014)* * En fonction du type de combustible
12	Norvège	National 1991	Environ 55 % des émissions de CO ₂ sont réellement taxées en Norvège. Les émissions non concernées par la taxe carbone sont incluses dans l'ETS du pays, qui a été relié à l'ETS européen en 2008.	4 à 69 USD par t-éqCO ₂ (2014)* * En fonction du type de combustible fossile et de son utilisation
13	Royaume-Uni	National 2013	Le dispositif britannique de prix plancher du carbone (CPF) se traduit par une taxe sur les combustibles fossiles utilisés pour la production d'électricité. Entré en vigueur en avril 2013, il a modifié la taxe sur le changement climatique (CCL) existante en appliquant le taux de soutien du prix du carbone (CPS) de la CCL au gaz naturel, aux combustibles solides et au gaz de pétrole liquéfié (GPL) utilisés pour la production d'électricité.	15,75 USD par t-éqCO ₂ (2014)
14	Suède	National 1991	Mise en place dans le cadre de la réforme du secteur énergétique, la taxe carbone de la Suède concerne les principaux combustibles, notamment le gaz naturel, l'essence, le charbon, le fioul léger et le fioul lourd, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et le fioul domestique. Au fil des ans, les exonérations ont augmenté pour les installations soumises à l'ETS européen. L'augmentation la plus récente date de 2014 et concerne les centrales thermiques de district participant à l'ETS européen.	168 USD par t-éqCO ₂ (2014)
15	Suisse	National 2008	La taxe carbone de la Suisse concerne l'ensemble des combustibles fossiles, sauf ceux utilisés pour la production d'énergie. Les entreprises suisses peuvent être exonérées si elles participent à l'ETS du pays.	68 USD par t-éqCO ₂ (2014)

Source: http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/SDN/background-note_carbon-tax.pdf

La **Norvège** a mis en place sa taxe carbone en 1991. Celle-ci concerne toutes les formes de consommation d'huile minérale, d'essence et de gaz naturel. On estime donc que cette taxe carbone concerne près de la moitié du total des émissions de GES du pays. Les émissions non concernées par la taxe carbone sont incluses dans le système d'échange de droits d'émission du pays, qui a été

relié à l'ETS européen en 2008. En fonction du type de combustible et de son utilisation, le taux d'imposition varie entre 25 et 419 couronnes norvégiennes (4 et 69 dollars US) par tCO₂ (Kossoy *et al.*, 2014).

La **Suède** a mis en place sa taxe carbone en 1991 également, dans le cadre de la réforme du secteur énergétique. Les principaux combustibles concernés sont le gaz naturel, l'essence, le charbon, le fioul léger et le fioul lourd, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et le fioul domestique. Si tous les ménages et services sont concernés par la taxe carbone, l'agriculture et les industries non soumises à l'ETS sont partiellement exonérées. Au fil des ans, les exonérations ont augmenté pour les installations soumises à l'ETS européen. En revanche, toutes les émissions de GES concernées par l'ETS européen ne bénéficient pas d'exonérations directes. Le taux d'imposition s'élevait à 1 076 couronnes suédoises (168 dollars US) par tCO₂ en janvier 2014 (Kossoy *et al.*, 2014).

La **Colombie-Britannique** a mis en place sa taxe carbone en 2008. Celle-ci s'applique à l'achat et à l'utilisation de combustibles dans la province. Le principal objectif de cette taxe est d'encourager le développement sobre en carbone sans alourdir la charge fiscale globale. C'est pourquoi la taxe carbone de la Colombie-Britannique est sans incidence sur les recettes, ce qui signifie que tous les fonds générés sont reversés aux citoyens par le biais de la réduction d'autres taxes, par exemple l'impôt sur le revenu, l'impôt sur les sociétés ou des crédits d'impôt. Durant ses sept années de mise en œuvre, la taxe carbone de la Colombie-Britannique a été globalement bien accueillie par le public et a eu un impact significatif sur l'environnement, sans pour autant compromettre le développement économique (Kossoy *et al.*, 2014). Par exemple, entre 2008 et 2011, la province a réduit de 10 % ses émissions de GES par habitant provenant de sources soumises à la taxe carbone, tandis que le reste du Canada n'a réduit ses émissions provenant des mêmes sources que de 1 % au cours de la même période (Elgie et McClay, 2013).

2.4. Les taxes carbone dans les économies émergentes

Les économies émergentes agissent également. Parmi les évolutions récentes, notons l'adoption d'une loi sur la taxe carbone au Chili en 2014, la finalisation d'un projet de taxe carbone en Afrique du Sud et la mise en œuvre d'une taxe carbone au Mexique.

Dans le cadre d'une grande réforme fiscale, le **Chili** met actuellement en place une taxe carbone visant à réguler les émissions de CO₂, ainsi que les polluants locaux provenant de sources fixes utilisées pour la production d'énergie thermique. Cette taxe carbone devrait entrer en vigueur en 2017. Elle est conçue comme une taxe sur les émissions provenant de chaudières et turbines d'une puissance thermique supérieure ou égale à 50 MW (Kossoy *et al.*, 2014). Alors qu'une analyse supplémentaire sur l'impact de la taxe carbone proposée est en cours d'élaboration, les premières évaluations indiquent que près de la moitié de l'énergie du pays sera taxée. Si une analyse plus approfondie est nécessaire, il apparaît cependant clairement que la conception et la mise en œuvre de cette taxe carbone poseront un certain nombre de difficultés, notam-

ment en ce qui concerne les progrès technologiques dans le secteur de l'énergie et la compétitivité internationale.

L'**Afrique du Sud** élabore actuellement un système de taxe carbone qui pourrait être lancé en 2016 si le Parlement adopte la loi correspondante. Le taux proposé est fixé à 120 ZAR (11,20 USD) par t-éqCO₂, avec une augmentation annuelle de 10 % jusqu'en 2019/2020. Le taux réel est cependant bien plus bas (entre 1 et 4 dollars US), en raison d'un seuil d'imposition relativement élevé et de nombreuses « exonérations » (Banque mondiale, 2015a). Cette taxe est envisagée comme une taxe sur la consommation de combustibles, basée sur la teneur en carbone des combustibles utilisés. Elle concernera toutes les émissions directes de GES provenant de sources fixes, qu'il s'agisse de la combustion de combustibles ou d'émissions liées à des procédés industriels non énergétiques, soit environ 80 % du total des émissions de GES. La taxe carbone et les mesures d'incitation fiscale correspondantes, par exemple en faveur de l'efficacité énergétique, devraient envoyer des signaux de prix suffisants pour orienter l'économie vers une croissance durable et sobre en carbone. Un système de compensation complémentaire est également proposé, bien que ses caractéristiques doivent encore être finalisées. Ce système vise à offrir une certaine flexibilité aux contribuables, aboutissant à une réduction du montant de leurs impôts, tout en favorisant l'atténuation du changement climatique dans des secteurs n'étant pas directement concernés par la taxe (Banque mondiale, 2015a).

Entrée en vigueur en 2014, la taxe carbone du **Mexique** sur les combustibles fossiles vendus et importés par les fabricants, les producteurs et les importateurs concerne environ 40 % du total des émissions de GES du pays. En fonction du type de combustible, le taux d'imposition varie entre 10 et 50 pesos (1 et 4 dollars US) par t-éqCO₂. La taxe carbone du Mexique n'est pas une taxe sur la teneur en carbone des combustibles, mais plutôt sur les émissions supplémentaires générées si des combustibles fossiles sont utilisés à la place du gaz naturel. Ce dernier n'est donc pas soumis à la taxe carbone. La taxe permet également l'utilisation de crédits de compensation. Les entreprises peuvent choisir de respecter leurs engagements en achetant des crédits issus de projets nationaux relevant du Mécanisme de développement propre (MDP), en fonction de la valeur marchande de ces crédits au moment du paiement de la taxe, favorisant ainsi le développement de projets d'atténuation du changement climatique au Mexique et la création d'un marché national du carbone (Banque mondiale, 2015a).

Conception et mise en œuvre d'une taxe carbone : principaux enseignements

2.5. Le bien-fondé d'une taxe carbone

Si une taxe carbone (contrairement à un ETS) ne garantit pas un niveau maximal de réduction des émissions, cet instrument économique peut néanmoins permettre de réduire les émissions de manière rentable.

Premièrement, dans la mesure où une taxe carbone donne un prix à chaque tonne de GES émise, elle envoie un signal de prix qui entraîne progressivement une réaction du marché dans l'ensemble de l'économie, incitant les émetteurs à adopter des moyens de production générant moins d'émissions et aboutissant au final à une réduction des émissions.

Deuxièmement, une taxe carbone peut générer des recettes publiques importantes, susceptibles d'être réaffectées à des investissements en faveur du développement sobre en carbone, à la réduction d'autres taxes ou au financement d'autres politiques et programmes publics. Le Chili en est un bon exemple. Il est en effet prévu que sa taxe carbone contribue à augmenter les recettes destinées au financement de la réforme nationale de l'éducation.

Les taxes carbone peuvent en outre améliorer la qualité de vie nationale en générant d'autres retombées positives, par exemple en améliorant la santé de la population ou en réduisant la pollution locale.

Enfin, en réduisant les émissions de GES à l'origine du réchauffement climatique, les taxes carbone nationales ont également un impact mondial.

2.6. Des difficultés communes de mise en œuvre

Malgré ces avantages, les nombreuses difficultés rencontrées par les pays lors de la conception et de la mise en œuvre d'une taxe carbone ne doivent pas être sous-estimées.

Premièrement, il est souvent mentionné que les taxes carbone ont un impact disproportionné sur les ménages à faible revenu. En réalité, il existe différents mécanismes et politiques visant à protéger les individus et les familles à faible revenu, comme en témoigne l'expérience de la Colombie-Britannique. Son mécanisme de réaffectation des recettes, qui comprend différents crédits et réductions d'impôt visant à compenser la charge fiscale de la taxe carbone pour les ménages à faible revenu, constitue un excellent exemple de la manière dont cette difficulté peut être surmontée (voir également la contribution de Sterner et Köhlin à cet ouvrage).

Deuxièmement, les questions liées aux fuites de carbone peuvent susciter de nombreuses difficultés politiques, par exemple si la mise en place d'une taxe carbone dans un territoire donné entraîne la relocalisation d'une activité économique dans un autre territoire où il n'existe pas de taxe carbone, ce qui est particulièrement problématique en termes de compétitivité industrielle⁴. Malgré l'importance accordée à ces questions dans les débats politiques à travers le monde, différentes approches peuvent permettre d'atténuer le risque de fuite de carbone. Il peut s'agir notamment de mesures intégrées dans la conception des taxes carbone, comme les exonérations ou les crédits, ou d'autres existant en parallèle, comme le soutien financier et institutionnel à l'amélioration de l'efficacité énergétique, aux investissements en faveur de la réduction des émissions, etc.

Il est en outre essentiel d'assurer une gestion et une coordination efficaces

4. Voir le chapitre 21 de ce volume par C. Fischer : *Options pour éviter les fuites de carbone*.

avec les autres politiques existantes ou planifiées afin d'éviter tout chevauchement ou manque de synchronisation. Les bonnes pratiques montrent que, lors de la conception d'une taxe carbone, les pays examinent généralement l'ensemble des mesures politiques donnant un prix au carbone, puis évaluent leur rentabilité et leur cohérence par rapport aux autres politiques climatiques. Ce type d'analyse permet de s'assurer que les nouvelles politiques sont en adéquation avec les politiques existantes et contribuent aux efforts globaux déployés par le pays pour atteindre ses objectifs d'atténuation à moyen et long terme. Enfin, les pays sont souvent confrontés à d'importantes difficultés pratiques lors de la mise en œuvre d'une taxe carbone (en particulier d'une taxe « en aval »), notamment en ce qui concerne les données sur les émissions actuelles et prévues, les infrastructures techniques de mesure, notification et vérification (MNV) des émissions (voir également la contribution de Wiener à cet ouvrage) ou les règles et procédures juridiques de mise en œuvre. Il est important de souligner que l'amélioration des capacités techniques et institutionnelles en vue de la tarification du carbone jette les bases de la mise en œuvre d'un futur instrument en la matière. Qu'un pays adopte ou non un instrument de tarification du carbone au terme de ce processus, le renforcement et l'amélioration de son degré de préparation sont des mesures opportunes, qui présentent des avantages transversaux propices aux politiques climatiques nationales et au développement sobre en carbone.

3. Perspectives d'avenir : solutions de tarification mondiale du carbone

3.1. La taxe carbone : une politique nationale de portée mondiale

Comme le montre l'étude des pays et territoires qui disposent depuis longtemps d'une taxe carbone, la mise en place d'une telle taxe ouvre la possibilité d'autres retombées positives au niveau national (développement d'alternatives sobres en carbone, progrès technologiques, augmentation des recettes, générant ainsi un impact positif sur le plan social). À ces avantages s'ajoute naturellement une contribution aux efforts mondiaux de réduction des émissions. Malgré les nombreuses difficultés rencontrées lors de la conception et de la mise en œuvre des taxes carbone et autres instruments de tarification du carbone, les pays ont à ce jour réalisé des progrès incontestables. Ces mesures concrètes visant à limiter les émissions en utilisant les forces du marché seront la clé de tout effort mondial d'atténuation.

3.2. Des efforts coordonnés pour permettre la réalisation des objectifs mondiaux d'atténuation

Loin d'être une finalité en soi, la conférence de Paris constitue indéniablement une étape importante. Pour que le régime climatique mondial soit une réussite, l'accord de Paris doit renforcer notre ambition collective et ouvrir une voie bien définie pour réduire à zéro les émissions nettes de GES d'ici la fin du

siècle. Il sera tout aussi important que l'accord s'appuie sur les contributions individuelles des pays et comprenne des objectifs d'atténuation comparables issus des grandes économies. Dans la mesure où il est difficile d'envisager un prix mondial du carbone uniforme dans un avenir proche, un mécanisme de coordination internationale pourrait s'avérer nécessaire pour améliorer la communication entre les différents territoires, promouvoir la transparence du processus de définition des prix, mais également surmonter certaines difficultés (par exemple, les questions liées aux fuites de carbone) que les pays rencontrent inévitablement lorsqu'ils donnent un prix au carbone.

Cela étant dit, il est encourageant de constater qu'un certain nombre d'initiatives *bottom-up* visant à encourager la coopération internationale en matière de tarification du carbone commencent déjà à porter leurs fruits. Créé en 2011, le Partnership for Market Readiness (PMR)⁵ de la Banque mondiale réunit ainsi les grandes économies du monde qui utilisent ou envisagent d'utiliser différents instruments de tarification du carbone, y compris celles qui se préparent à mettre en place une taxe carbone. À titre d'exemple, le PMR soutient les efforts déployés par l'Afrique du Sud et le Chili pour concevoir et mettre en œuvre leurs taxes carbone respectives, notamment en examinant les questions liées à l'utilisation de mécanismes de compensation, en étudiant les interactions entre la taxe carbone et les autres politiques et mesures existantes, et en jetant les bases techniques de la mise en œuvre de cette taxe.

La plateforme PMR et d'autres initiatives pertinentes sur le sujet permettent aux décideurs de partager de précieuses connaissances sur les difficultés techniques et politiques rencontrées lors de la conception et de la mise en œuvre des taxes carbone et autres instruments de tarification du carbone. En facilitant les efforts d'élaboration de normes communes en matière de réduction des émissions de GES et en encourageant les systèmes de tarification à devenir plus ouverts et plus transparents, il n'est pas exclu que ces initiatives *bottom-up* permettent l'émergence d'un mécanisme de coordination internationale sur la tarification du carbone, ouvrant au final la voie à des émissions nettes nulles d'ici la fin du siècle.

Références

- Banque mondiale, 2015a, « South Africa Market Readiness Proposal (MRP) », Partnership for Market Readiness, Washington DC.
- Banque mondiale, 2015b, *Carbon Pricing Watch 2015*, Washington DC, disponible en anglais à l'adresse : <https://openknowledge.worldbank.org/>

5. Les membres du PMR sont : l'Afrique du Sud, l'Allemagne, l'Australie, le Brésil, le Chili, la Chine, la Colombie, la Commission européenne, le Costa Rica, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, l'Inde, l'Indonésie, le Japon, la Jordanie, le Kazakhstan, le Maroc, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Pérou, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse, la Thaïlande, la Tunisie, la Turquie, l'Ukraine et le Viet Nam. Pour plus d'informations sur le PMR et sur ses membres, rendez-vous sur <https://www.thepmr.org>.

handle/10986/21986.

- ELGIE S. et McCLAY J., 2013, BC's Carbon Tax Shift after Five Years: Results. *An Environmental (and Economic) Success Story*, Ottawa, Sustainable Prosperity.
- KOSSOY A., OPPERMAN K., PLATONOVA-OQUAB A., SUPHACHALASAI S., HÖHNE N. *et al.*, 2014, *State and Trends of Carbon Pricing 2014*, Washington DC, Banque mondiale.
- OCDE, 2013, « Climate and Carbon: Aligning Prices and Policies », OECD Environment Policy Papers n° 1, Paris.

Chapitre 20

Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat

Robert N. Stavins

La deuxième période d'engagement au titre du Protocole de Kyoto de 1997, qui sera probablement la dernière, a débuté en 2013 et s'étendra jusqu'en 2020; seule une petite fraction des émissions globales de gaz à effet de serre est couverte (14 %). Au Protocole de Kyoto devrait succéder un nouvel accord international qui définira une nouvelle architecture politique. En 2011, lors de la 17^e Conférence des Parties (COP17) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), les pays ont adopté la Plateforme de Durban pour une action renforcée, reflet de leur accord en vue d'élaborer « un protocole, un autre instrument juridique ou un texte convenu d'un commun accord ayant valeur juridique élaboré au titre de la Convention et applicable à toutes les Parties » qui sera adopté lors de la COP21 de décembre 2015 à Paris (CCNUCC, 2012).

Les négociations s'acheminent vers une architecture de politique climatique hybride, qui associera des processus *top-down*, notamment pour les activités de mesure, de notification et de vérification, et des éléments *bottom-up*, qui comprendront les contributions prévues déterminées au niveau national (INDC), c'est-à-dire les actions prévues par chaque pays participant pour réduire ses émissions, à partir de 2020 et selon les circonstances nationales qui le caractérisent (Bodansky et Diringer, 2014).

Les liens entre les politiques climatiques régionales, nationales et infranationales vont être une composante clé de la rentabilité d'un tel système, et par conséquent d'un niveau élevé de réduction des émissions mondiales. Ces « liens » désignent la reconnaissance formelle par un programme d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre d'une juridiction (un gouvernement régional, national ou infranational) des actions de réduction des émissions menées dans une autre juridiction aux fins de conformité avec le programme d'atténuation de la première juridiction. Comment l'accord de Paris 2015 peut-il faciliter ces liens ?

1. Des liens variés

La reconnaissance mutuelle et l'attribution de crédits pour la conformité peuvent constituer des liens entre des instruments politiques issus de juridictions distinctes. Ces liens peuvent être établis entre deux systèmes de plafonnement et d'échange, entre deux systèmes fiscaux, entre un système de plafonnement et d'échange et un système fiscal, entre des systèmes réglementaires non liés aux marchés ou encore entre d'autres systèmes réglementaires (Metcalf et Weisbach, 2012). Ils peuvent être directs ou indirects, bilatéraux ou multilatéraux.

Un lien direct est instauré lorsqu'un accord est conclu entre deux systèmes, par lequel chacun reconnaît et accepte les quotas (ou crédits) de l'autre juridiction à des fins de conformité. Cet accord peut reposer sur un échange de type « un pour un » : dans le cas d'un lien entre deux systèmes de plafonnement et d'échange, un quota d'une juridiction est échangé contre un quota correspondant au même volume d'émission dans une autre juridiction (Ranson et Stavins, 2013 et 2015) ; il peut également reposer sur un ratio d'échange (taux de conversion) s'appliquant aux transferts de quotas entre les deux systèmes. Les liens directs peuvent être bilatéraux (à double sens), c'est-à-dire que chaque système accepte les quotas de l'autre système aux fins de conformité, ou unilatéraux (Ranson et Stavins, 2013).

Des liens indirects se mettent en place lorsque deux systèmes qui n'échangent pas leurs quotas respectifs acceptent les quotas (ou les crédits) d'une tierce partie commune (Ranson et Stavins, 2013). Par exemple, si deux marchés de plafonnement et d'échange des droits d'émission acceptent les crédits (ou les quotas) d'une source commune (juridiction), cela influence le marché commun des compensations, ce qui en retour affecte le prix des quotas (et les coûts de conformité) dans chacun de ces deux marchés.

Si les dispositifs de plafonnement et d'échange offrent un exemple de lien évident, la plupart des pays – voire tous – n'auront vraisemblablement pas recours à ce dispositif pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Les taxes ou les redevances sur les émissions de carbone, les crédits de réduction d'émissions et les approches réglementaires traditionnelles sont d'autres instruments possibles¹. Dans cette optique, il est important d'envisager les liens possibles entre les différents types d'instruments politiques (Hahn et Stavins, 1999 ; Metcalf et Weisbach, 2012).

Par exemple, les entreprises soumises à une taxe carbone pourraient payer des taxes supérieures au montant dû au regard de leurs émissions, pour ensuite revendre des crédits de paiement de la taxe sur les émissions aux entreprises qui font partie d'un système de plafonnement et d'échange. Ces dernières pourraient utiliser ces crédits, de la même manière qu'elles ont recours à des quo-

1. Voir le chapitre 17 de ce volume par D. Burtraw : *L'approche réglementaire de la politique d'atténuation climatique des États-Unis* et le chapitre 18 de ce volume par T. Sterner et G. Köhlin : *Défis posés par la tarification du carbone*.

tas en quantité équivalente aux fins de conformité. À l'inverse, les entreprises du système de plafonnement et d'échange pourraient vendre leurs quotas à des entreprises soumises à la taxe carbone, leur permettant ainsi de réduire le montant de leur taxe proportionnellement à la part de quotas achetée, puis retirée du marché. Selon le même schéma, un système de tarification carbone ou de plafonnement et d'échange peut être associé à des politiques qui subventionnent les réductions d'émissions : ces subventions seront ensuite échangées (à l'image des crédits de réduction d'émissions) puis utilisées à la place des quotas dans une optique de conformité avec un programme de plafonnement et d'échange, ou en tant que crédits de paiement de la taxe sur les émissions en vue de s'acquitter d'une taxe carbone (Metcalf et Weisbach, 2012)².

Les mécanismes qui reposent sur les marchés (taxes, subventions ciblées et dispositifs de plafonnement et d'échange) peuvent, en principe, être reliés à un système réglementaire et conventionnel basé sur les performances. Si la réglementation est une norme quantitative (par exemple, une réduction des émissions exprimées en tonnes d'équivalent dioxyde de carbone [éqCO₂]), les entreprises peuvent acheter des quotas ou des crédits de paiement de la taxe sur les émissions dans un autre marché afin de répondre à l'exigence quantitative de réduction des émissions, ou pour générer des réductions supérieures au minimum réglementaire afin d'en revendre l'excédent en tant que crédit de réduction d'émissions (Metcalf et Weisbach, 2012).

2. Avantages potentiels

Dans la mesure où les liens instaurent des échanges volontaires entre les systèmes, ils améliorent la rentabilité, c'est-à-dire la mise en œuvre de réductions d'émissions au meilleur coût dans l'ensemble des systèmes liés, réduisant au minimum les coûts supportés par les juridictions individuelles ainsi que le coût total correspondant à l'atteinte d'un plafonnement collectif. En outre, en augmentant le nombre d'acheteurs et/ou de vendeurs de quotas au sein des systèmes de plafonnement et d'échange reliés, les liens ainsi créés ont tendance à favoriser la liquidité des marchés (Ranson et Stavins, 2015). Dans la mesure où les liens réduisent les écarts du prix du carbone entre les différents pays ou régions, ils empêchent également les « fuites du carbone » qui entraînent des écarts de compétitivité à travers la délocalisation de sources ou activités génératrices d'émissions vers des juridictions plus permissives.

De plus, en élargissant la portée et la taille du marché des droits d'émission, les liens peuvent limiter les fluctuations du prix des droits d'émission suite à des chocs imprévus (Burtraw *et al.*, 2013), entraînant de ce fait une réduction de la volatilité des prix, bien que ce processus puisse impliquer également une

2. Par exemple, le dispositif de tarification carbone du Mexique permet d'utiliser des crédits de compensation issus de projets relevant du Mécanisme pour un développement propre (MDP) du Protocole de Kyoto, pour s'acquitter du montant de la taxe (ICAP, 2014).

transmission de la volatilité des prix d'une juridiction à une autre. Enfin, les liens peuvent permettre de réduire le poids des différents acteurs du marché, à condition qu'une même entité ne soit pas un acheteur ou un vendeur de quotas important dans les deux juridictions (Wiener 1999 ; Metcalf et Weisbach, 2012)³.

Dans le domaine politique, la possibilité pour un pays d'asseoir son leadership à l'échelle internationale représente un facteur d'incitation en faveur du rapprochement des systèmes. Par exemple, la Commission européenne a indiqué que la création de liens entre le système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne et d'autres systèmes de plafonnement et d'échange comportait plusieurs avantages, et favorisait notamment la coopération internationale en matière de lutte contre le changement climatique (Commission européenne, 2014). La mise en place de liens pourrait accroître l'influence diplomatique des pays participants sur les pays qui agissent seuls, et inciter ces derniers à se mobiliser contre le changement climatique. Cette dimension est en lien avec l'approche de la coopération internationale sous la forme de « clubs sur le climat » (Nordhaus, 2015)⁴.

De la même manière, les accords portant sur des liens internationaux peuvent présenter des avantages politiques à l'échelle nationale dans la mesure où les dirigeants peuvent faire valoir ces liens pour susciter une plus grande participation à des systèmes similaires à leurs politiques climatiques nationales (ou tout au moins compatibles avec elle). Les liens peuvent permettre une mutualisation des connaissances ayant trait à la conception et la gestion d'un instrument politique, ce qui peut présenter des avantages du point de vue administratif. Ainsi, le Québec pourrait tirer avantage de son association avec le système plus important de plafonnement et d'échange de l'État de Californie⁵. De plus, ces rapprochements permettent une mise en commun, et donc une réduction, des coûts administratifs, ainsi que la réduction des doublons en matière de services.

Le soutien politique en faveur de ces rapprochements s'explique également par leurs retombées positives importantes à l'échelle locale telles que la réduction des émissions de polluants corrélés (Flachsland *et al.*, 2009). Si le prix des émissions de gaz à effet de serre diffère dans deux juridictions indépendantes, les relier pourra permettre de créer un marché pour des réductions supplé-

3. Les normes technologiques constituent un défi beaucoup plus important, car les gains d'émission obtenus dans le cadre du respect ou du dépassement d'une norme technologique sont difficiles à mesurer.

4. Pour que les membres d'un « club sur le climat » soient les seuls bénéficiaires de ces avantages, il est fréquemment proposé de procéder à des ajustements au niveau des frontières nationales (droits de douane dans les pays dotés de taxes carbone et/ou quotas d'importation dans les pays dotés d'un système de plafonnement et d'échange) ; Nordhaus (2015) suit cette approche. Ce chapitre a pour objet la présentation des approches de coopération internationale qui sont de nature moins coercitive ; toutefois l'utilisation d'instruments politiques basés sur les marchés et le recours aux liens internationaux sont essentiels dans les deux formes de coopération.

5. Pour en savoir plus sur le lien entre la Californie et le Québec et d'autres liens existants, le lecteur est invité à se reporter aux travaux de Bodansky *et al.* (2014) et Ranson et Stavins (2015).

mentaires dans la juridiction présentant le prix le plus faible, entraînant de nouvelles retombées positives pour celle-ci. À l'inverse, l'association avec un système caractérisé par un prix inférieur peut sembler moins attractive pour une juridiction dont le coût des émissions est plus élevé, avec l'absence des retombées positives associées. Cet aspect a été évoqué au cours des discussions menées en Californie en vue d'une éventuelle association avec le système de plafonnement et d'échange du Québec.

3. Difficultés potentielles

Tout d'abord, un lien ne peut améliorer la rentabilité de deux dispositifs politiques qu'à condition que l'intégrité environnementale de chacun soit suffisante au regard des exigences qui leur incombent en matière de mesure, de notification et de vérification (Ranson et Stavins, 2015). Si l'une des juridictions du tandem (ou d'un ensemble de juridictions reliées) ne présente pas la capacité ou la motivation suffisante pour effectuer un suivi précis de ses émissions et quotas d'émissions, ces failles seront exploitées dans l'ensemble du système, ce qui pénaliserait la rentabilité globale des politiques liées. Cette dimension peut constituer un obstacle important à la mise en place de liens entre des pays présentant des écarts en matière de gestion financière et environnementale (Metcalf et Weisbach, 2012).

La création de liens peut également ébranler l'intégrité environnementale. Elle risque par exemple d'entraîner une double comptabilisation si les transferts entre les pays ne sont pas correctement mesurés et si, en conséquence, les mêmes unités de réduction des émissions sont comptabilisées dans plusieurs systèmes nationaux. Bien sûr, comme je l'évoquerai plus loin, la prévention de telles erreurs est l'un des rôles des éléments *top-down* de l'architecture politique recherchée à Paris.

Des comportements stratégiques peuvent également nuire à l'économie d'un ensemble de systèmes associés (Helm, 2003). En particulier, si les pays anticipent des liens possibles, ils risquent de déterminer leurs objectifs nationaux de façon stratégique. Et dans le cas où un lien est mis en place, celui-ci risque de se traduire par des échanges tronqués, les coûts de transaction pouvant s'avérer peu incitatifs.

Concernant les problèmes politiques éventuels, il faut reconnaître que, malgré l'amélioration possible de la rentabilité dans l'ensemble des juridictions grâce au processus de liaison, celui-ci peut également avoir des répercussions importantes en matière de répartition entre et au sein des juridictions (Ranson et Stavins, 2015). Dans la juridiction qui présentait auparavant un prix des quotas supérieur, les entreprises acheteuses (c'est à dire qui présentent des coûts de réduction élevés) bénéficieront de la modification du prix des quotas en cas de rapprochement; de même, les vendeurs de quotas (c'est à dire les entreprises présentant des coûts de réduction faibles) seront favorisés dans la juridiction où leur prix était le plus faible avant l'association. À l'inverse, les vendeurs de

la juridiction qui présente le prix le plus élevé, ainsi que les acheteurs de la juridiction qui présente le prix le moins élevé, seront pénalisés par la modification du prix des quotas suite à l'instauration du lien. Pour la juridiction confrontée à la hausse des prix résultant de l'association, cela signifie des transferts plus importants des acheteurs vers les vendeurs (Newell *et al.*, 2013).

Une augmentation du volume des échanges (après l'association) peut également affecter la répartition et entraîner des conséquences politiques, selon l'influence relative des acheteurs et des vendeurs de la juridiction (Ranson et Stavins, 2015). Au sein des juridictions, il peut également arriver que les élites des pays en développement s'emparent des quotas grâce aux systèmes nationaux de plafonnement et d'échange, pour les revendre dans des marchés liés, au détriment de l'économie locale (Somanathan, 2010).

Dans certains cas, les juridictions à l'origine des politiques de réduction des émissions sont animées, au moins en partie, d'une ambition politique visant à encourager les investissements à long terme dans les activités de réduction des émissions à l'échelle nationale. Si un système où le prix des quotas est élevé se trouve relié à un système marqué par un prix plus faible, les entreprises du premier système seront moins enclines à innover pour réduire leurs émissions, dans la mesure où elles pourront, à la place, acheter des quotas à un prix inférieur. Cela peut se traduire par un ralentissement des innovations technologiques par rapport à ce que prévoyait la politique de réduction avant l'instauration du lien entre les systèmes.

Enfin, les liens présentent l'inconvénient politique d'engendrer une certaine perte d'autonomie à l'échelle nationale (ou d'une juridiction). Avant de s'associer, il peut être nécessaire pour deux juridictions de s'accorder sur les modalités de rapprochement des caractéristiques de leurs systèmes respectifs (Ranson et Stavins, 2013). Dans la mesure où ces caractéristiques résultent parfois d'un compromis entre les intérêts divergents de parties prenantes concurrentes au sein d'un pays, leur modification pourra créer quelques remous.

4. Instauration de liens au titre de l'accord de Paris 2015

Certains éléments de l'accord de 2015, qui devrait dessiner la nouvelle architecture politique internationale, faciliteront la croissance et l'exploitation d'un système robuste de liaisons internationales entre les politiques régionales, nationales et infranationales. En revanche, d'autres aspects éventuels du nouvel accord pourraient entraver l'efficacité de ce processus de liaisons *bottom-up*.

4.1. Éléments susceptibles d'altérer l'efficacité des associations

L'instauration de règles trop normatives ou restrictives concernant les échanges autorisés entre les systèmes associés pourrait entraver les associations internationales. Une exigence (ou même une préférence) qui privilégierait les actions nationales en vue d'honorer les engagements nationaux, en serait un exemple. Un tel « principe de complémentarité » risquerait de rendre les asso-

ciations transfrontalières difficiles, voire impossibles, ce qui se traduirait par une augmentation des coûts de conformité accompagnée d'un affaiblissement de l'ambition internationale, et réduirait d'autant la possibilité de parvenir à un accord.

Ainsi, plusieurs dispositions du Protocole de Kyoto indiquent que les réductions d'émissions internes doivent prendre le pas sur la conformité au titre des mécanismes de flexibilité du Protocole (échange international de droits d'émission, mise en œuvre conjointe et Mécanisme de développement propre [MDP]), mais la signification précise de ce principe de complémentarité fait débat depuis l'adoption du Protocole.

Un deuxième problème réside dans la confusion susceptible de résulter des règles et objectifs concurrents et contradictoires entre la CCNUCC et les politiques régionales ou nationales. L'existence de règles contradictoires rejoint le problème, plus large, de la reconnaissance de la validité des systèmes régionaux ou nationaux d'atténuation des émissions dans le cadre des engagements internationaux de la CCNUCC. L'approbation et la transparence constituent les deux approches selon lesquelles les réductions des systèmes nationaux peuvent être prises en compte et comptabilisées dans le contexte de la CCNUCC (Marcu, 2014). La première approche nécessite l'approbation explicite des systèmes nationaux par la COP, tandis que la seconde implique l'élaboration de règles types lors des négociations de la COP.

Le manque de clarté (voire la confusion) des objectifs constitue une troisième source de préoccupation. Par exemple, l'ajout d'une condition liée au développement durable pour les projets du MDP peut créer de la confusion sur les marchés, ce qui risque de freiner les échanges entre les systèmes, qui constituent pourtant l'un des objectifs essentiels des liens. Enfin, les règles qui limitent la liste des pays pouvant s'associer (en n'autorisant par exemple les associations qu'entre les pays répertoriés à l'Annexe I) ou en freinent l'accès risquent d'entraver l'efficacité des associations.

4.2. Éléments favorisant l'efficacité des associations

Si les liens doivent jouer un rôle important dans l'avènement d'une architecture politique internationale hybride, plusieurs critères doivent être pris en compte et intégrés, soit directement, soit à travers un processus de négociation internationale adapté.

L'efficacité des liens repose sur la définition des termes clés, en particulier des unités utilisées aux fins de conformité. Cet aspect sera particulièrement important pour les liens entre des systèmes hétérogènes (système de tarification carbone et système de plafonnement et d'échange, par exemple). Dans ce domaine, la mise en place d'une règle type d'association serait particulièrement utile. Que leurs politiques soient homogènes ou hétérogènes, la création de liens entre plusieurs systèmes nécessite la tenue de registres et un suivi.

En effet, les activités de mesure, de notification et d'enregistrement des transactions portant sur les quotas vont constituer un rôle essentiel des éléments *top-down* d'une architecture hybride autorisant les instruments poli-

tiques nationaux à se regrouper. Une institution centralisée pourrait assurer la tenue des comptes des parties qui détiennent les quotas, l'enregistrement des transferts de quotas entre les titulaires des comptes ainsi que le rapprochement annuel des quotas et des émissions vérifiées. La mise en place d'unités en charge de la conformité internationale renforcerait l'efficacité et l'efficacité des opérations de registre et éviterait les problèmes de double comptabilisation.

Ces unités simplifieraient le processus d'enregistrement des transactions internationales et réduiraient la charge administrative liée au rapprochement des registres internationaux et nationaux. La CCNUCC pourrait également fournir des services de registre centralisés aux pays qui ne sont pas en mesure de créer leurs propres registres nationaux. Enfin, le regroupement régional des registres de certains pays en voie de développement sous l'égide de la CCNUCC ou d'une autre institution multilatérale (par exemple, la Banque mondiale ou une banque régionale de développement) pourrait engendrer des économies d'échelle.

Plus largement, les activités de mesure, de notification et de vérification seront exigées dans tous les systèmes, avec ou sans liaison (Weiner, 2015). De la même manière, les mécanismes de conformité et d'exécution constituent une exigence de base pour tout accord efficace.

Dans le contexte des systèmes reliés, les éléments liés à la maîtrise des coûts (mécanismes bancaires, d'emprunt, de compensation et de stabilisation des prix) soulèvent des difficultés particulières dans la mesure où, dans certains cas, ces mécanismes se propagent automatiquement d'un système à l'autre. Il serait important de mettre en place des règles conjointes d'approbation et de mesure des compensations et, plus largement, de les répartir et les catégoriser sur plusieurs niveaux, ce qui permettrait à chaque juridiction de fixer son propre « taux de change » pour chaque catégorie.

Enfin, la supervision et la surveillance des marchés, associées à diverses mesures visant à prévenir toute manipulation du marché par de larges détenteurs de quotas susceptibles d'exercer leur influence, pourraient accroître la confiance dans le système. Dans certains cas, des institutions nationales et internationales sont déjà en place, ou ne nécessiteront qu'un léger ajustement de leurs capacités, pour assurer ces fonctions.

Conclusion

La Conférence de Paris 2015 constitue une étape décisive du processus international actuel visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale. Il reste à établir si son ambition se révélera suffisante ; en général, les grandes ambitions sont atteintes plus facilement si les coûts sont peu élevés. L'instauration de liens (entre les systèmes de marché et autres, et au sein de ces systèmes, afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre) offre un potentiel important de réduction des coûts.

Si les liaisons doivent jouer un rôle important, elles nécessitent de s'attacher

particulièrement à certaines caractéristiques de conception, afin de les intégrer dans un accord international. L'intégration de règles détaillées n'est cependant pas souhaitable, car cela peut constituer un frein à l'évolution de ces règles à la lumière des expériences. Les décisions de la COP doivent plutôt comporter des normes minimales visant à garantir l'intégrité environnementale; par exemple, la COP peut instaurer des exigences minimales relatives aux mécanismes nationaux de mesures, de notification et de vérification, de registre et d'attribution de crédits. En ce qui concerne les liaisons, l'accord principal peut s'en tenir à la définition de principes généraux en matière d'intégrité environnementale, tout en autorisant la COP ou une autre organisation à élaborer des règles plus détaillées.

Enfin, s'agissant des liaisons, le plus important est peut-être simplement la mention explicite de la possibilité pour les parties de transférer des parts de leurs contributions prévues déterminées au niveau national à d'autres parties, ces dernières pouvant les utiliser pour atteindre leurs propres contributions. Une telle disposition, source de clarté pour les gouvernements comme pour les acteurs privés du marché, constitue sans doute une condition nécessaire à la généralisation des associations. Cette approche minimaliste peut permettre des formes variées d'association entre des systèmes de contribution hétérogènes. Elle répond par la même occasion au double objectif de rentabilité et d'intégrité environnementale du programme politique international en matière de climat.

Références

- BODANSKY D. et DIRINGER E., 2014, « Building Flexibility and Ambition into a 2015 Climate Agreement », Arlington, Virginie, États-Unis, Center for Climate and Energy Solutions, www.czes.org/docUploads/int-flexibility-06-14.pdf.
- BODANSKY D., HOEDL S., METCALF G.E. et STAVINS R.N., 2014, « Facilitating Linkage of Heterogeneous Regional, National, and Sub-National Climate Policies through a Future International Agreement », document d'analyse, Harvard Project on Climate Agreements, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School.
- BURTRAW D., PALMER K.L., MUNNINGS C., WEBER P. et WOERMAN M., 2013, « Linking by Degrees: Incremental Alignment of Cap-and-Trade Markets », document d'analyse n° 13-04, Resources for the Future, Washington DC.
- CCNUCC, 2012, « Rapport de la Conférence des Parties sur sa dix-septième session, tenue à Durban du 28 novembre au 11 décembre 2011 », FCCC/CP/2011/9/Add.1, p. 2, décision 1/CP.17, « Création d'un groupe de travail spécial de la plate-forme de Durban pour une action renforcée », 15 mars, <http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/fre/09a01f.pdf>.
- Commission européenne, 2014, « International Carbon Market », disponible en anglais à l'adresse : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/linking/index_

- en.htm (consulté le 16 octobre 2014).
- FLACHSLAND C., MARSCHINSKI R. et EDENHOFER O., 2009, « To Link or Not to Link: Benefits and Disadvantages of Linking Cap-and-Trade Systems », *Climate Policy* 9, p. 358-372.
 - HAHN R.W. et STAVINS R.N. (1999), *What Has the Kyoto Protocol Wrought? The Real Architecture of International Tradeable Permit Markets*, Washington DC, AEI Press, www.hks.harvard.edu/fs/rstavins/Papers/What_Has_Kyoto_Wrought.pdf.
 - HELM C., 2003, « International Emissions Trading with Endogenous Allowance Choices », *Journal of Public Economics* 87 (12), p. 2737-2747.
 - International Carbon Action Partnership (ICAP), 2014, « Mexico Announces ETS Plans and Introduces a Carbon Tax », lettre d'information n° 2 de l'ICAP, juin, https://icapcarbonaction.com/index.php?option=com_jnews&act=mailing&task=view&mailingid=9.
 - MARCU A., 2014, « The Role of Market Mechanisms in a Post-2020 Climate Change Agreement », rapport spécial n° 87, Bruxelles, Centre for European Policy Studies, www.ceps.eu/book/role-market-mechanisms-post-2020-climate-change-agreement.
 - METCALF G. et WEISBACH D., 2012, « Linking Policies When Tastes Differ: Global Climate Policy in a Heterogeneous World », *Review of Environmental Economics and Policy* 6 (1), p. 110-128.
 - NEWELL R., PIZER W. et RAIMI D., 2013, « Carbon Markets 15 Years after Kyoto: Lessons Learned, New Challenges », *Journal of Economic Perspectives* 27, p. 123-146.
 - NORDHAUS W., 2015, « Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy », *American Economic Review* 105 (4), p. 1339-1370.
 - RANSON M. et STAVINS R.N., 2013, « Post-Durban Climate Policy Architecture Based on Linkage of Cap-and-Trade Systems », *The Chicago Journal of International Law* 13 (2), p. 403-438.
 - RANSON M. et STAVINS R.N., 2015, « Linkage of Greenhouse Gas Emissions Trading Systems: Learning from Experience », *Climate Policy*, 4 février.
 - SOMANATHAN E., 2010, « What Do We Expect from an International Climate Agreement? A Perspective from a Low-Income Country » in J.E. Aldy et R.N. Stavins (éd.), *Post-Kyoto International Climate Policy: Implementing Architectures for Agreement*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press, p. 599-617.
 - WIENER J.B., 1999, « Global Environmental Regulation: Instrument Choice in Legal Context », *Yale Law Journal* 108, p. 677-800.

Chapitre 21

Options pour éviter les fuites de carbone

Carolyn Fischer¹

Les fuites de carbone sont une préoccupation majeure des gouvernements qui souhaitent mettre en œuvre une politique ambitieuse de réduction des émissions (en particulier ceux qui donnent un prix élevé au carbone) avant que ne le fassent leurs principaux partenaires commerciaux. Les « fuites de carbone » se définissent généralement par l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'étranger, suite à l'adoption de mesures de réduction des émissions à l'échelle nationale. Les GES étant des polluants mondiaux, les fuites d'émissions sont un problème majeur dans le cas du carbone, car elles compromettent directement les bénéfices obtenus au niveau national en termes de réduction des émissions.

Les modèles du commerce international évaluent les fuites de carbone découlant des politiques macroéconomiques de tarification du carbone dans les grandes économies à un taux variant entre 5 % et 30 %². Les taux les plus élevés sont associés à de petites coalitions, à des prix du carbone plus élevés, à une substitution accrue par le biais des échanges et à des réponses plus fortes du marché de l'énergie. Les taux de fuite spécifiques à certains secteurs peuvent être beaucoup plus élevés (ils peuvent représenter de trois à cinq fois les taux de fuite existant à l'échelle de l'ensemble de l'économie)³.

Les fuites de carbone se produisent par le biais de différents canaux. Le plus important, comme l'indiquent les modèles publiés, est lié au *marché de l'énergie*. Le principe est le suivant : si une grande puissance économique réduit de façon importante et unilatérale sa demande en combustibles fossiles, les prix mondiaux de ces derniers baisseront. En raison de ces prix plus bas, d'autres pays consommeront davantage de combustibles fossiles et leur intensité carbone augmentera.

La figure 21.1. illustre cette forme de fuite du carbone par des courbes de l'offre et de la demande mondiales en combustibles fossiles. Si une coalition de pays adopte la tarification du carbone, sa demande en combustibles fossiles va diminuer (de même que la demande mondiale). Si le prix de ces combustibles

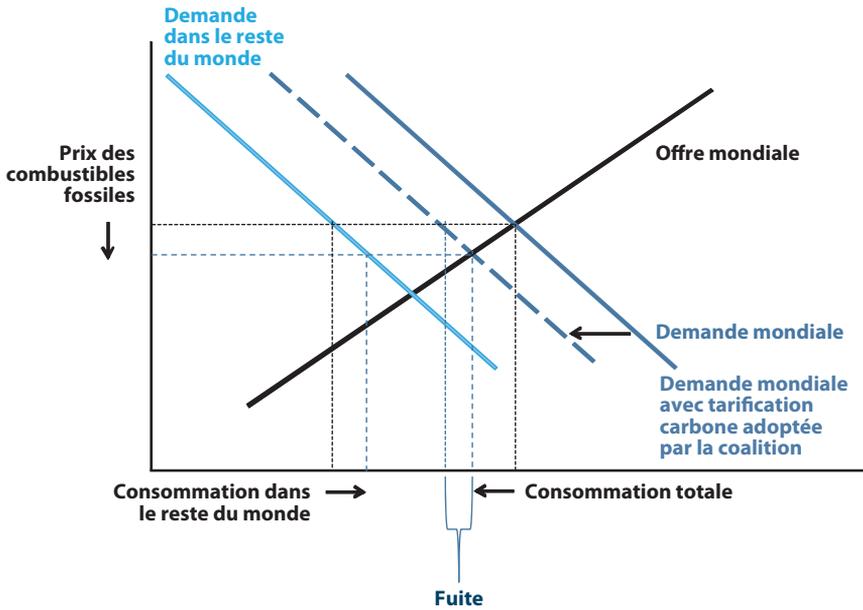
1. Resources for the Future, Gothenburg University, FEEM et CESifo Research Network, adresse postale : RFF, 1616 P Street NW, Washington, D.C. 20036. Courriel : fischer@rff.org.

2. Les lecteurs intéressés peuvent consulter l'exercice relatif aux fuites de carbone et aux ajustements carbone aux frontières (EMF 29) réalisé par l'Energy Modeling Forum, publiés dans un numéro spécial de *Energy Economics* (Böhringer *et al.*, 2012).

3. Fischer et Fox, 2012.

ne change pas, la quantité offerte par les fournisseurs dépassera la quantité demandée à ce prix ; le prix baissera donc, rééquilibrant le marché. Cependant, comme la demande n'a pas changé dans le reste du monde, celui-ci va consommer plus grâce à ce nouveau prix plus bas. Ainsi, la diminution nette de la consommation mondiale sera inférieure à celle de la coalition.

Figure 21.1. Fuites de carbone découlant du mécanisme de l'offre et de la demande des marchés de l'énergie



Le raisonnement est le même que les nombreuses explications concernant la chute des prix du pétrole et ses conséquences au cours de l'année passée : la croissance de la demande mondiale a été plus faible que prévu et la baisse des prix de l'essence favorise aujourd'hui la vente de véhicules utilitaires sportifs, dont la consommation de carburant est plus élevée que d'autres types de véhicules. Surtout, l'effet « marché de l'énergie » intervient pour toute évolution de la demande en combustibles fossiles, que ce soit en raison de la tarification du carbone, de la réglementation qui lui est appliquée, ou de l'efficacité énergétique.

Le mode de fuite du carbone qui inquiète le plus les décideurs politiques est toutefois celui lié à la *compétitivité*. Il est lié aux politiques définissant des coûts de l'énergie plus élevés pour les entreprises à forte intensité énergétique exposées aux échanges commerciaux (EITE) (comme la politique de tarification du carbone), ce qui fait que la production devient moins compétitive dans les pays ayant adopté cette tarification. Cela entraîne le déplacement de

l'activité économique, des parts de marché et, à long terme, des investissements dans ces secteurs vers des pays dont les prix de l'énergie sont moins élevés. Les résultats des modélisations montrent qu'entre un quart et la moitié des fuites de carbone se produisent en raison d'effets liés à la compétitivité. Ce circuit est toutefois plus restreint que celui lié au marché de l'énergie, car il affecte en premier lieu des secteurs industriels spécifiques qui représentent une faible part de l'économie⁴, mais qui ont un impact considérable sur la fuite des émissions et peuvent aussi avoir une influence politique démesurée.

Un troisième circuit, *l'innovation induite*, a le potentiel de créer des fuites négatives à long terme. Si les politiques d'atténuation des émissions de carbone induisent des innovations dans les technologies propres, en réduisant leur coût au niveau mondial, l'ensemble des pays les trouveront plus attrayantes. L'adoption de technologies propres par les pays ayant fixé des prix bas pour le carbone – ou qui n'en ont pas fixé – contribuera à supplanter les combustibles fossiles et à réduire les émissions mondiales. En revanche, les pays ayant adopté un prix du carbone faible et qui deviennent plus compétitifs dans les secteurs énergivores pourront s'orienter davantage vers les technologies consommatrices d'énergie, exacerbant ainsi les fuites de carbone. Jusqu'à présent, ce canal « innovation » a été théorisé (p. ex. Gerlagh et Kuik, 2014), mais les preuves empiriques de son application font défaut.

Tarification du carbone et fuites de carbone

La compréhension de ces différents canaux nous permet de mieux évaluer les différentes solutions de lutte contre les fuites de carbone. De toute évidence, la meilleure solution pour réduire les émissions tout en agissant sur l'ensemble des canaux de fuite serait d'avoir une tarification du carbone harmonisée à travers le monde. Bien sûr, ce n'est pas une issue probable du cadre actuel des contributions prévues déterminées au niveau national (INDC), bien que de tels engagements ne soient certainement pas exclus. Plusieurs économistes de renom préconisent la mise en place d'un club de grandes puissances imposant une tarification minimale du carbone (voir, par exemple, Nordhaus, 2015; Gollier et Tirole, 2015; Weitzman, 2013).

Le fait est que les solutions visant à s'attaquer aux fuites de carbone de façon unilatérale sont plus limitées. L'une d'elles consiste malheureusement à fixer un prix du carbone plus bas, ce qui diminue le risque de fuites, mais n'incite pas à la réduction des émissions. Ce comportement est fréquemment observé. Actuellement, près de 12 % des émissions mondiales de CO₂ font l'objet d'une tarification du carbone (Banque mondiale, 2015). À l'exception des taxes carbone de quelques pays scandinaves, les prix actuels sont bien inférieurs à 40 dollars (estimation, par l'Agence américaine de protection de l'environnement, du coût social du carbone, ou CSC, au niveau mondial)

4. Aux États-Unis, les industries dont les dépenses d'énergie dépassent de plus de 5 % la valeur de leur production représentent seulement un dixième de la valeur de la production manufacturière américaine et moins de 2 % du PIB du pays (Fischer *et al.*, 2014).

et tous les plus grands systèmes ont fixé des prix inférieurs à 15 dollars^{5,6}.

L'une des raisons de la faible contribution individuelle des pays à la promotion du bien public mondial que représente l'atténuation du changement climatique est l'effet d'opportunisme : alors que le coût n'est supporté que par celui qui contribue, la plupart des avantages profitent également à d'autres pays, que ceux-ci contribuent ou non à l'effort climatique. Ces types d'incitations posent un véritable défi pour l'adoption d'un accord international sur le climat. Cependant, de nombreux négociateurs peuvent être en désaccord avec l'idée que leurs pays cherchent à tirer profit des efforts des autres. En effet, beaucoup ressentent une responsabilité morale à contribuer de façon significative aux programmes de réduction des émissions, mais pas en appliquant une tarification du carbone élevée si leurs partenaires commerciaux ne mettent pas en œuvre des politiques similaires. Les États-Unis en sont un exemple : dans leurs évaluations des politiques réglementaires, ils utilisent un coût social du carbone calculé à l'échelle mondiale et pas nationale comme pourrait le faire un pays opportuniste motivé par son intérêt propre. La principale contribution du pays réside toutefois dans les normes réglementaires liées aux émissions des centrales électriques et des véhicules, mais pas dans la tarification du carbone (voir la contribution de Burtraw au présent ouvrage). Ainsi, alors que l'opportunisme tend à affaiblir la volonté de prendre des mesures, la crainte de fuites de carbone affaiblit les actions des pays bien intentionnés, exacerbant ainsi la difficulté d'obtenir un accord international fort sur l'atténuation des émissions.

Il existe toutefois d'autres solutions qui peuvent être adoptées par les pays ou les coalitions de pays pour faire face, de façon unilatérale, aux fuites de carbone. La plupart des solutions communément proposées ne conviennent que pour traiter les fuites liées à la compétitivité.

1. Lutter contre les fuites liées à la compétitivité

L'atténuation des fuites associées à la compétitivité présente l'avantage supplémentaire de remédier aux problèmes de compétitivité qui, souvent, sont un obstacle à la tarification du carbone. En effet, si cette tarification s'avère impossible à mettre en place dans un contexte national en l'absence de traitement des fuites liées à la compétitivité, alors on peut faire valoir que ces mesures ont un impact bien plus important sur la réduction des émissions mondiales que les seules fuites évitées. Il convient cependant d'agir avec précaution, car les questions de compétitivité sont liées au commerce international et les mesures liées au commerce sont régies par des règles (disciplines) convenues au sein

5. Prix au 1^{er} avril 2015 : Californie 13 dollars ; UE ETS 8 dollars ; RGGI 6 dollars ; taxe carbone japonaise 2 dollars ; projet pilote provincial chinois ETS 5-8 dollars (Banque mondiale, 2015).

6. Voir le chapitre 19 de ce volume par Xueman Wang et Maja Murisic : *Taxation du carbone : situation actuelle et perspectives*.

de l'OMC⁷. De plus, bon nombre d'entreprises des secteurs EITE subissent déjà des bouleversements et des pressions dues à l'évolution de la structure du commerce international et, de ce fait, il est parfois difficile de distinguer les motivations liées aux fuites de carbone des motivations plus basiques visant à protéger l'industrie nationale. Par conséquent, il est important d'examiner ces solutions conjointement avec les contraintes potentielles imposées par le droit commercial international.

Les entreprises sont confrontées à deux types d'augmentations de coûts dans le cadre des politiques de réduction des émissions. La première concerne les coûts de production, c'est-à-dire la mise en place de techniques ou d'équipements produisant moins d'émissions, nécessitant moins d'énergie ou d'intrants fortement émetteurs. Ces coûts se produisent, que les changements soient liés à la réglementation ou à des incitations par les prix. Une seconde augmentation de coûts est associée exclusivement aux mécanismes de tarification du carbone, qui imposent aux entreprises de payer pour leurs émissions incorporées (c'est-à-dire les émissions restantes, associées à leur production, après efforts de réduction), soit en payant une taxe carbone soit en renonçant à de précieux quotas d'émission. Généralement, seuls ces coûts d'émissions incorporées peuvent être traités de manière simple et transparente, conformément à d'autres obligations légales.

Les politiques anti-fuites liées au canal « compétitivité » sont directement axées sur les secteurs EITE. Dans tous les cas, il convient de déterminer des critères d'éligibilité. Afin d'étayer l'argument selon lequel les mesures sont prises pour éviter les fuites, les critères d'admissibilité doivent être clairement liés à un risque de fuite (c'est-à-dire impliquant une production fortement émettrice de GES et une exposition aux échanges commerciaux). À ce point, il existe trois grandes solutions pour traiter les fuites parmi les secteurs identifiés comme EITE : l'exonération de la tarification carbone, les compensations basées sur la production et l'ajustement carbone aux frontières.

Exonérations

Une option simple consiste à exonérer les industries qualifiées issues des secteurs EITE de la politique générale de réduction des émissions de GES (totalement ou en partie). En Suède, par exemple, les consommateurs industriels ne paient pas de taxes sur l'énergie et ne paient que 50 % de la taxe carbone générale. En Allemagne, l'industrie lourde est exonérée de charges supplémentaires pour l'énergie renouvelable et les secteurs EITE peuvent demander à être exonérés de la plupart des taxes sur l'énergie. Bien que potentiellement simples du point de vue administratif, les exonérations ont tendance à être hautement inefficaces pour lutter contre les fuites de carbone. En fixant des prix du carbone différents selon les secteurs, on laisse inexploitées certaines solutions rentables de réduction des émissions, ce qui limite les réductions globales ou

7. Voir le chapitre 16 de ce volume par Petros C. Mavroidis P. et Jaime de Melo : *Les politiques climatiques et l'OMC : donner une touche de vert au GATT*.

fait peser une charge plus lourde sur les industries non exonérées. De ce fait, les exonérations risquent d'accroître le coût total d'obtention d'un objectif d'émissions donné, sauf si les effets de fuite sont très importants (l'alternative consistant à diminuer le prix du carbone pour tous). En outre, les exonérations ne permettent pas de remédier aux émissions indirectes; par exemple, la tarification du carbone généré par la production d'électricité peut impacter davantage la compétitivité de certains secteurs (comme celui de l'aluminium) que ne le feraient leurs émissions directes⁸.

Les exonérations sont loin d'être considérées comme une mesure liée au commerce, car la couverture d'un système d'échange de droits d'émission ou la désignation d'une base d'imposition sur le carbone sont généralement considérées comme des décisions politiques intrinsèques. Cependant, elles pourraient, selon les points de vue, être interprétées comme des subventions.

Compensations basées sur la production

Une autre solution courante consiste à employer des compensations pour alléger tout ou partie de la charge liée au prix du carbone incorporé. L'idée consiste à conserver l'ensemble de l'industrie à forte intensité énergétique au sein du système de tarification du carbone, mais d'offrir des aides aux secteurs EITE, en proportion de leur production et en se basant sur une analyse comparative de la performance à l'échelle du secteur. Par exemple, l'UE a choisi comme indice de référence la performance des meilleures sociétés (10 %) dans un secteur donné (celles dont l'intensité des émissions est la plus faible) tandis que la Nouvelle-Zélande utilise un pourcentage allant jusqu'à 90 % de l'intensité des émissions moyennes, en s'appuyant sur les données récentes. Puisqu'une production plus importante génère davantage de compensations, ces dernières fonctionnent comme des subventions à la production pour les entreprises des secteurs EITE, laissant entrevoir que la réduction des émissions par une diminution de la production ne serait pas une bonne approche (car elle se traduirait par des fuites). L'avantage de la compensation par rapport à l'exonération est qu'elle conserve l'incitation liée au prix du carbone pour réduire l'intensité des émissions. Cependant, elle a pour inconvénient d'atténuer le signal de prix envoyé aux consommateurs, qui sont alors peu incités à consommer des produits à intensité énergétique plus faible ou à trouver des alternatives plus propres.

Les allocations préférentielles ou les compensations à des industries spécifiques peuvent, en théorie, être contestées, car considérées comme des subventions selon les règles commerciales. Cependant, cet argument n'a pas encore été avancé dans le cadre de l'OMC, peut-être parce que jusqu'à présent, ces compensations ont été mises en œuvre dans le cadre de mécanismes réglementaires nationaux (programmes de plafonnement et d'échange) avec des

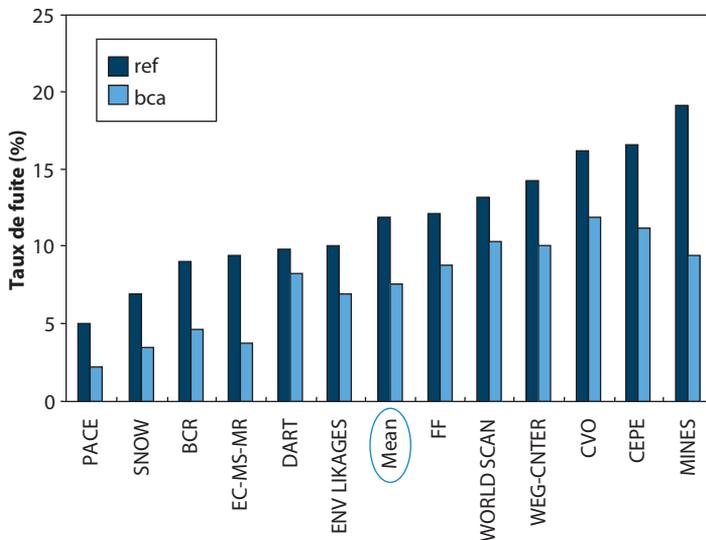
8. L'électricité représente 62 % des émissions de GES provenant de la production mondiale d'aluminium et non liées au transport, soit près de deux fois les émissions liées aux processus directs et à l'énergie thermique (World Aluminium, 2014).

critères impliquant toujours une certaine charge fiscale nette sur les émissions incorporées⁹.

Ajustement carbone aux frontières

La troisième solution est l'ajustement aux frontières du prix du carbone fixé au niveau national, ce qui permettrait de taxer les importations de produits des secteurs EITE afin de garantir que les consommateurs paient le même prix pour le carbone incorporé dans le produit, quelle que soit l'origine de ce dernier. L'exercice de modélisation mené récemment par l'Energy Modelling Forum sur les fuites de carbone (résumé dans Böhringer *et al.*, 2012) a révélé que, dans la plupart des modèles, l'ajustement carbone aux frontières pour les secteurs EITE permettait de réduire de 25 à 50 % les fuites de carbone issues de mesures prises par des pays de l'OCDE (figure 21.2.).

Figure 21.2. Estimation modélisée des taux de fuites dus à la tarification du carbone dans les pays de l'OCDE (%)



Remarque : l'axe vertical liste les modèles participants par nom. Les barres grises foncées représentent les taux de fuite simulés dans le scénario de référence (pays de l'OCDE appliquant une tarification aux émissions pour atteindre une réduction globale égale à 20 % de leurs émissions de base). Les barres en gris clair représentent des taux de fuites simulés avec un ajustement carbone aux frontières pour les industries des secteurs EITE.

Source : Böhringer *et al.* (2012).

9. Voir le chapitre 16 de ce volume par Petros C. Mavroidis P. et Jaime de Melo : *Les politiques climatiques et l'OMC : donner une touche de vert au GATT.*

Alors que la théorie et la modélisation tendent à montrer que l'ajustement carbone aux frontières est la solution la plus rentable pour lutter contre les fuites, elles indiquent également les tensions considérables liées à sa conception. D'autre part, en tant que mesure liée ouvertement au commerce, l'ajustement carbone aux frontières est susceptible de générer des conflits dans les milieux commerciaux, même si les juristes du commerce international s'accordent à dire que ces ajustements pourraient être conçus conformément aux règles de l'OMC. Les principaux arguments pouvant être avancés sont les suivants : la mesure répond aux exigences de l'OMC relevant des exceptions prévues à l'article XX (c'est-à-dire qu'elle est essentielle et efficace pour réduire les fuites) et elle est conforme au principe de responsabilités communes, mais différenciées en vertu du droit international de l'environnement. Cosbey et Fischer (2014) et Cosbey *et al.* (2015) énumèrent toute une série de problèmes concernant la conception d'un régime d'ajustement carbone aux frontières qui réponde à ces objectifs, dont les principaux sont soulignés ici.

Poussé jusqu'à sa limite logique, si l'ajustement carbone aux frontières était appliqué à tous les produits, cela reviendrait à convertir le régime de tarification du carbone en passant d'une taxe carbone sur la production à une taxe sur le carbone incorporé dans les biens de consommation (un peu comme la taxe sur la valeur ajoutée qui est un impôt sur la consommation). S'il semble intéressant d'inviter les consommateurs des pays développés à assumer la responsabilité de leur consommation de carbone, l'ajustement carbone aux frontières provoque néanmoins un changement majeur dans les termes des échanges, au détriment des pays en développement. Par exemple, les exportations de la Chine sont huit fois plus émettrices de carbone que celles de l'UE et trois fois plus que celles des États-Unis (Atkinson *et al.*, 2011). Cependant, la plupart des fuites évitées sont dues à l'ajustement carbone aux frontières dans les secteurs EITE, et le fait de limiter l'application de la mesure à ces secteurs n'aura pas vraiment un effet de transfert de charge, tout en appuyant les responsabilités communes, mais différenciées et en renforçant le lien avec les facteurs juridiques en faveur d'une exception à l'article XX (Cosbey et Fischer, 2014 ; Cosbey *et al.*, 2015).

L'utilisation des recettes perçues à la frontière engendre également des tensions. Rendre les recettes aux pays exportateurs permettrait d'atténuer l'effet « transfert de charge » et de démontrer la bonne foi du pays ayant mis en œuvre cette politique dans le but d'éviter les fuites et non à des fins de protectionnisme. Une autre solution répondant à ces objectifs consisterait à affecter les recettes au financement d'activités d'atténuation et d'adaptation dans les pays en développement. En revanche, plus le transfert de charge est important, plus il est intéressant pour les pays de faire partie du club des États ayant mis en place une tarification du carbone et un ajustement carbone aux frontières.

Les obligations juridiques internationales rendent donc complexe l'utilisation de l'ajustement carbone aux frontières afin de créer un levier incitant d'autres pays à prendre des mesures de lutte contre le changement climatique, bien que cette application puisse sans doute avoir un impact important sur les fuites de carbone. Certains économistes de renom (p. ex. Nordhaus, 2015) ont

proposé l'utilisation de sanctions commerciales pour faire appliquer un accord portant sur une tarification élevée du carbone parmi un groupe de pays ; les parties à cet accord pourraient toujours convenir d'un régime de sanctions, sans que les non-parties y soient soumises. Par conséquent, toute sanction contre les pays non parties à l'accord devrait relever des exceptions prévues à l'article XX, qui se limiteraient vraisemblablement aux ajustements carbone aux frontières. Malheureusement, cela risque de ne pas suffire à assurer la participation de nombreux pays.

Certaines des pratiques courantes de l'ajustement carbone aux frontières sont similaires à celles des compensations basées sur la production, car elles imposent de déterminer l'éligibilité des produits concernés par l'ajustement et de calculer les émissions de carbone incorporées. Mais la différence tient au fait que ces calculs plus précis nécessitent des données provenant de l'étranger, plus difficiles à obtenir. Il est plus simple et probablement moins discriminatoire de s'appuyer sur des critères nationaux (en traitant les produits importés de la même façon que les produits intérieurs), mais le signal de prix envoyé aux consommateurs nationaux et aux producteurs étrangers est moins percutant. De plus, les taxes carbone étrangères payées doivent être prises en compte et tout traitement préférentiel accordé aux producteurs nationaux (compensations par exemple) doit également être accordé aux importations. Encore une fois, un outil moins percutant d'exonération des produits en provenance de certains pays pourrait reconnaître les mesures prises pour lutter contre le changement climatique, ou la situation de pays moins avancés.

Globalement, les problèmes de conception de cet outil sont plus complexes et discutables ; de nombreux experts estiment que les ajustements carbone aux frontières sont probablement toujours possibles (voir Cosbey *et al.*, 2015 ; voir Mavroidis et de Melo, 2015), contrairement à d'autres (voir Moore, 2011, cité dans Mathys et de Melo, 2011). Nombre de simplifications nécessaires pour la gestion administrative et le respect de règles de l'OMC atténueraient certains des effets anti-fuite pouvant être théoriquement atteints avec des informations complètes et transparentes ; cependant, les alternatives susmentionnées à l'ajustement aux frontières affaiblissent encore le signal de prix envoyé aux consommateurs. L'ajustement carbone aux frontières a des précurseurs : la Californie dispose de mesures similaires afin de décourager le déplacement des ressources vers les producteurs d'électricité extérieurs (étranger ou autres États fédérés). Le dernier projet de taxe carbone du Sénat américain inclut des mesures d'ajustement carbone aux frontières. L'échec de la tentative de l'UE d'inclure l'aviation internationale dans le système d'échange de quotas d'émission est une mise en garde pour l'ajustement aux frontières. Des mesures d'ajustement unilatérales se heurteront vraisemblablement à des résistances. Pour être acceptées, elles devront résulter d'un consensus multilatéral.

Accords sectoriels

La dernière solution pour gérer les fuites liées à la compétitivité permettrait d'atteindre la plupart des objectifs, mais elle ne peut pas être mise en œuvre

de façon unilatérale. Elle consisterait à négocier un accord entre les principaux partenaires commerciaux des secteurs EITE afin de mettre en place des mesures communes de réduction des émissions dans ces secteurs. Qu'elles consistent ou non à donner un prix au carbone, les mesures prises permettraient d'atténuer les problèmes de compétitivité et d'obtenir une réduction des émissions plus importante dans ces secteurs que les simples exonérations des réglementations carbone à l'échelle de l'économie.

2. Traiter les fuites liées au marché de l'énergie

Bien qu'il y ait plusieurs solutions pour traiter les fuites liées à la compétitivité, il existe peu de solutions unilatérales réalistes pour traiter celles liées aux ajustements du marché mondial de l'énergie. Les mesures envisageables seraient soit d'augmenter les prix mondiaux de l'énergie, soit de diminuer les prix de l'énergie propre.

Augmentation des prix mondiaux de l'énergie

Pour augmenter les prix mondiaux de l'énergie, il faudrait que l'offre d'énergie fossile soit inférieure à la demande. Par exemple, les grands producteurs d'énergie pourraient accroître le paiement de redevances, réduire leurs aides à la production ou simplement s'engager à ne pas exploiter des ressources non conventionnelles. Bien peu d'observateurs misent sur ces engagements unilatéraux.

Le captage et stockage du carbone présente une autre solution. L'incitation ou l'obligation de recourir à cette technologie dans le cadre d'une politique climatique nationale permettrait de soutenir la demande en combustibles fossiles, tout en évitant les fuites à l'étranger et en assurant des réductions au niveau national. Néanmoins, le coût de cette solution est encore relativement élevé et ne diminuera probablement pas avant un certain temps¹⁰.

Baisse des prix de l'énergie propre

La réduction du coût des technologies énergétiques propres permettrait de contrebalancer les prix attractifs des énergies fossiles. Cependant, cette réduction des coûts doit être mondiale et, pour obtenir la même réduction d'émissions, elle doit aussi être beaucoup plus importante que si la tarification commune du carbone contribuait à augmenter la compétitivité des technologies propres.

Les politiques relatives aux technologies sont une solution répandue, particulièrement celles liées à la tarification du carbone. Par exemple, plus de 50 pays disposent d'incitations financières ou de marchés publics pour les énergies renouvelables, et beaucoup d'autres disposent de tarifs d'achat ou de mandats connexes¹¹. La question est de savoir si ces mesures entraînent

10. Voir chapitre 24 de ce volume par M. Tavoni : *Le captage et stockage du carbone: rêve ou réalité?*

11. Voir <http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/> et <http://www.map.ren21.net/> (consulté le 1^{er} juin 2015).

effectivement une réduction des coûts à l'échelle mondiale. À cette fin, il peut être nécessaire de faire la distinction entre les mesures incitatives en amont pour les fabricants et les incitations en aval pour le déploiement national (voir également Fischer *et al.*, à paraître).

Les mesures en amont encouragent la recherche et le développement (R&D) et soutiennent la production nationale de technologies propres. Elles déplacent l'offre totale, ce qui fait baisser les prix mondiaux des technologies, stimule le déploiement à la fois au niveau national et à l'étranger, et contribue à réduire les fuites. Elles bénéficient par ailleurs aux producteurs nationaux au détriment des producteurs étrangers et peuvent pour cette raison être limitées par les disciplines de l'OMC.

L'impact des mesures en aval dépend de la réponse de l'offre mondiale. À court terme, elles déplacent la demande mondiale en technologies propres, ce qui tend à faire augmenter les prix mondiaux de l'équipement. Ainsi, le déploiement de l'énergie propre au niveau national peut limiter le déploiement à l'étranger et exacerber les fuites. À long terme, cependant, l'apprentissage par la pratique, l'innovation complémentaire ou les effets d'échelle peuvent faire fléchir la courbe de l'offre mondiale. Dans ce cas, les politiques amont et aval (toute politique augmentant la portée de l'énergie propre) peuvent faire baisser les prix mondiaux et faire affluer les technologies propres dans d'autres pays. Il est important de bien comprendre l'importance de ces effets. Des travaux récents montrent que les avantages mondiaux des fuites négatives provenant des subventions aux producteurs qui permettent de réduire les coûts des technologies propres dans les pays sont probablement beaucoup plus importants que les effets de distorsion sur les échanges engendrés par les subventions préférentielles en amont (Fischer, 2015). Les subventions aux énergies renouvelables devenant de plus en plus controversées au sein de l'OMC, il est temps de mener un débat sérieux sur la nécessité d'intégrer au Code des subventions quelques exceptions environnementales clairement définies, qui font actuellement défaut¹².

Conclusion

La lutte contre les fuites de carbone est une priorité si l'on veut favoriser une action d'atténuation concertée et notamment soutenir des niveaux de tarification du carbone qui se rapprochent du coût social du carbone au niveau mondial. Dans le cadre actuel des pays soumettant chacun une INDC propre, la convergence vers une tarification multilatérale du carbone prendra un certain temps. Les politiques unilatérales menées n'offrent que des solutions unilatérales pour lutter contre les fuites de carbone, se traduisant par des prix du carbone peu élevés, une réticence à jouer le rôle de précurseur et, pour ceux

12. Voir le chapitre 16 de ce volume par P.C. Mavroidis et J. de Melo: *Les politiques climatiques et l'OMC: donner une touche de vert au GATT*.

qui veulent prendre les devants, une dépendance excessive à l'égard des solutions réglementaires qui, à long terme, s'avèrent être des moyens beaucoup plus onéreux de réduction des émissions que la tarification du carbone. Peut-être conscient de ces coûts (ceux du changement climatique, mais aussi du report des mesures et du choix de solutions d'atténuation de deuxième ordre), un nombre suffisant de grandes puissances pourrait convenir d'une approche coordonnée de la tarification du carbone suffisamment large pour atténuer le problème des fuites de carbone. Par ailleurs, une approche multilatérale des mesures visant à lutter contre ces fuites permettrait de s'assurer de leur compatibilité avec d'autres accords internationaux. Enfin, si les mesures anti-fuites peuvent favoriser l'adhésion aux programmes ambitieux de réduction des émissions, elles peuvent aussi contribuer à leur propre obsolescence.

Références

- ATKINSON G., HAMILTON K., RUTA G. et VAN DER MENSBRUGGHE D., 2011, « Trade in 'virtual carbon': Empirical results and implications for policy », *Global Environmental Change* 21 (2), p. 563-574.
- BÖHRINGER C., RUTHERFORD T.F., BALISTRERI E.J. et WEYANT J., 2012, « Introduction to the EMF 29 special issue on the role of border carbon adjustment in unilateral climate policy », *Energy Economics* 34 (S2), S95-S96.
- COSBEY A. et FISCHER C., 2014, « International guidance for border carbon adjustments to address carbon leakage » in T.L. Cherry, J. Hovi et D. McEvoy (éd.), *Toward a New Climate Agreement: Conflict, Resolution and Governance*, Londres, Routledge, p. 220-232.
- COSBEY A., DROEGE S., FISCHER C. et MUNNINGS C., 2015, « The law and economics of developing guidance for implementing border carbon adjustments », Washington DC, Resources for the Future et Genève, Institut international du développement durable.
- FISCHER C., 2015, « Strategic subsidies for green goods », manuscrit, Resources for the Future, Washington DC.
- FISCHER C. et FOX A.K., 2012, « Comparing Policies to Combat Emissions Leakage: Border Tax Adjustments versus Rebates », *Journal of Environmental Economics and Management* 64 (2), p. 199-216.
- FISCHER C., GREAKER M. et ROSENDAHL K.E. (à paraître), *Are Renewable Energy Subsidies in Need of Reform?* in Strand J. (éd.), [Titre non défini], MIT Press, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
- FISCHER C., MORGENSTERN D. et RICHARDSON N., 2014, « Carbon Taxes and Energy Intensive Trade Exposed Industries: Impacts and Options » in I. Parry, A. Morris et R. Williams (dir.), *Carbon Taxes and Fiscal Reform: Key Issues Facing US Policy Makers*, FMI, Brookings Institution et Resources for the Future, Washington D.C.
- GERLAGH R. et KUIK O., 2014, « Spill or leak? Carbon leakage with international technology spillovers: A CGE analysis », *Energy Economics* 45, p. 381-388.

-
- GOLLIER C. et TIROLE J., 2015, «Effective institutions against climate change», à paraître dans *Economics of Energy & Environmental Policy*.
 - KOSOY A., PESZKO G., OPPERMAN K., PRYTZ N., GILBERT A. *et al.* 2015, «Carbon pricing watch 2015: an advance brief from the state and trends of carbon pricing 2015 report, to be released late 2015», State and Trends of Carbon Pricing, Groupe de la Banque mondiale, Washington DC (disponible en anglais à l'adresse : <http://documents.worldbank.org/curated/en/2015/05/24528977/carbon-pricing-watch-2015-advance-brief-state-trends-carbon-pricing-2015-report-released-late-2015>).
 - MATHYS N. et DE MELO J., 2011, «Political Economy Aspects of Climate Change Mitigation Efforts», *The World Economy* 34 (11), p. 1938-1954.
 - MOORE M.O., 2011, «Implementing Carbon Tariffs: A Fool's Errand?», *The World Economy* 34 (10), p. 1679-1702.
 - NORDHAUS W., 2015, «Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy», *American Economic Review* 105 (4), p. 1339-1370.
 - WEITZMAN M., 2013, «Can Negotiating a Uniform Carbon Price Help to Internalize the Global Warming Externality?», *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1, n° 1/2, p. 29-49.
 - World Aluminium, 2014, «Environmental Metrics Report Year 2010 Data: Final v1.1» (novembre 2014), International Aluminium Institute, Londres.

PARTIE V

LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Chapitre 22

La coopération internationale pour les technologies énergétiques avancées

Michael Toman

L'efficacité de la lutte contre le changement climatique repose sur une transformation fondamentale du système énergétique mondial. Or cette transformation ne sera possible que si des avancées majeures voient le jour dans le domaine des technologies énergétiques sobres en carbone. Si la tarification du carbone peut contribuer à faire progresser ces technologies, d'autres mesures sont nécessaires pour réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre (GES) de façon rentable et réalisable sur le plan politique.

Après avoir expliqué en quoi la transformation du système énergétique mondial est primordiale et rappelé les défis qu'elle impose, ce chapitre montre pourquoi l'innovation technologique est essentielle et comment la coopération internationale peut la promouvoir.

1. La transformation indispensable du système énergétique mondial

L'efficacité de la lutte contre le changement climatique planétaire repose sur une transformation fondamentale du système énergétique mondial. La formule de base suivante (également connue sous le nom d'équation de Kaya) illustre ce point en détaillant les facteurs responsables de l'augmentation des émissions de GES :

$$\begin{aligned} & [\% \text{ taux de croissance des émissions mondiales de GES avec le temps}] = \\ & [\% \text{ taux de croissance démographique}] + \\ & [\% \text{ taux de croissance du revenu par habitant}] + \\ & [\% \text{ évolution de la consommation d'énergie par unité de production économique (intensité énergétique)}] + \\ & [\% \text{ taux de croissance de la quantité de carbone incorporé par unité de consommation d'énergie (intensité carbonique)}] \end{aligned}$$

La croissance démographique mondiale va se poursuivre jusqu'à la fin du siècle, même si son rythme se réduira considérablement au fil du temps. Afin de parvenir à une croissance économique continue et plus inclusive, il faut espérer que le revenu moyen par habitant augmente de façon importante au

cours des prochaines décennies, pour faire reculer la part de la population mondiale vivant dans la pauvreté. Partons de l'hypothèse que la population et le revenu par habitant vont respectivement progresser d'environ 1 et 3 % par an au cours des prochaines décennies¹.

La croissance démographique et la hausse du revenu par habitant vont s'accompagner d'une augmentation très importante de la consommation énergétique, en particulier chez les descendants des populations pauvres qui consomment aujourd'hui peu d'énergie moderne ou n'y ont pas accès. Selon ces tendances l'efficacité énergétique devrait continuer à s'accroître au fil du temps, mais il faudrait que cette amélioration soit de l'ordre de 4 % par an pour compenser la croissance démographique et la hausse du revenu par habitant (qui est à espérer). Ce chiffre est bien trop élevé pour être réaliste : pour maintenir les émissions de GES à leur niveau, un taux de décarbonisation énergétique de 2 % par an serait encore ambitieux, tout en étant plus proche de la réalité. En comparaison, l'intensité carbonique de la consommation énergétique mondiale a peu évolué entre 1990 et 2012 selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2014, figure 16). L'Energy Information Administration (EIA) (2013) anticipe une baisse moyenne de l'intensité carbonique de seulement 0,2 % par an d'ici 2040, en l'absence de nouvelles politiques internationales majeures.

Ces chiffres ne font que souligner les efforts nécessaires pour enrayer la croissance des émissions de GES au cours des prochaines décennies. En réalité, il va falloir que les émissions mondiales de GES atteignent leur maximum très rapidement puis chutent fortement avant la fin du siècle, si l'on veut limiter la hausse des températures moyennes entre 2 °C et 3 °C, fourchette largement considérée comme incontournable pour éviter une exposition à des risques beaucoup trop élevés. Afin d'y parvenir, le système énergétique mondial doit faire l'objet d'une transformation profonde afin de ne produire qu'une petite fraction des émissions de GES actuelles, y compris en cas de hausse importante du revenu moyen. Comme le montre le cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2014a, figure 7.16), la part des sources d'énergie sobres en carbone (énergies renouvelables, nucléaire et énergies fossiles associées au captage et stockage du dioxyde de carbone (CO₂)) va devoir augmenter et passer de moins de 20 % de la consommation énergétique totale à plus de 70 %, voire plus de 90 %, d'ici 2100, selon la limite fixée pour la hausse des températures.

Une telle transformation ne sera possible qu'à condition que des avancées fondamentales voient le jour dans le domaine des technologies énergétiques. En effet, à l'heure actuelle, le coût des technologies énergétiques sobres en carbone n'est pas compétitif lorsqu'elles sont déployées à grande échelle. Les ressources éoliennes et solaires présentent une « densité énergétique » par unité de capital investi inférieure à celle des technologies traditionnelles, ce

1. Ce sont à peu près les chiffres qui ont été utilisés dans l'*International Energy Outlook* (EIA, 2013) de l'Energy Information Administration.

qui freine considérablement les progrès (Kessides et Wade, 2011). Par ailleurs, même lorsque les coûts de production directs baissent, comme dans le cas du photovoltaïque, la nature intermittente de ce type d'énergie, associée aux difficultés de coordination de ces ressources éparpillées au sein du réseau électrique existant, se traduit par une hausse de son coût d'utilisation à grande échelle. Si le potentiel de développement des ressources hydroélectriques reste élevé, le nombre de sites attractifs d'un point de vue à la fois économique et environnemental est en soi limité. Le nucléaire continue de se heurter aux obstacles relatifs aux dépassements de coûts, aux inquiétudes du public et au délai particulièrement long de mise sur le marché des réacteurs dits « de nouvelle génération ». Il faudra attendre plusieurs années avant la généralisation des biocarburants de seconde génération, dont la production n'entraîne aucun conflit au niveau de l'utilisation des terres et qui permettent une diminution de la consommation nette de CO₂ (Cheng et Timilsina, 2011). Si les véhicules électriques connaissent une progression rapide, ils accroissent la pression sur la nécessité de décarboniser le système énergétique.

Afin que cette décarbonisation soit concrètement envisageable, à grande échelle et économiquement viable, toutes ces stratégies potentielles de décarbonisation doivent afficher des coûts plus bas. Par ailleurs, la mise en œuvre des technologies de captage et de stockage du carbone semble particulièrement urgente, de même que certaines solutions neutres en carbone, notamment une meilleure valorisation de la biomasse. Cette dernière capte en effet le CO₂ présent dans l'atmosphère, permettant ainsi de capturer les émissions qui résultent de sa propre combustion. Lorsque le captage et le stockage ne font pas partie des options envisagées pour atténuer les émissions de GES, le coût du ralentissement de la hausse des températures s'élève considérablement (GIEC, 2014b, section SPM2). La technologie de captage et de stockage du CO₂ reste toutefois expérimentale, et son avenir semble très incertain².

2. Les défis posés par cette transition

Selon les estimations du GIEC, des investissements supplémentaires d'environ 150 milliards de dollars par an vont être nécessaires pour faire progresser le processus de décarbonisation, tandis que les améliorations en termes d'efficacité énergétique devraient nécessiter plus du double de ce montant (GIEC, 2014b, p. 27). L'Agence internationale de l'énergie estime qu'il faudra mobiliser 44 000 milliards de dollars d'ici 2050 pour contenir la hausse des températures en dessous de 2 °C (AIE, 2014), sans compter les investissements requis pour répondre à l'augmentation des besoins énergétiques³. Ces coûts supplémentaires risquent de dissuader les pays de mettre en place des programmes de

2. Voir le chapitre 24 de ce volume par Massimo Tavoni : *Le captage et stockage du carbone : rêve ou réalité ?*

3. L'AIE estime également que les économies réalisées grâce à la baisse de la consommation de combustibles seraient 2,5 fois plus importantes.

décarbonisation, et d'envenimer le débat concernant la répartition des coûts liés à une baisse drastique des émissions planétaires de GES.

Réduire les émissions de GES de façon à stabiliser le climat va nécessiter une transformation profonde du système énergétique mondial; par ailleurs, le coût élevé de la décarbonisation constitue un obstacle de taille aux efforts unilatéraux et coopératifs visant à mettre en œuvre des politiques et des mesures d'atténuation des émissions de GES. Il est donc logique d'accorder la priorité aux avancées techniques qui en réduisent le coût. Ceci est d'autant plus important si l'on tient compte du fait que l'utilisation des énergies fossiles – en particulier du charbon, pour produire de l'électricité – va augmenter de manière spectaculaire en l'absence d'actions rapides face à la hausse des besoins énergétiques des pays en développement. Si l'on se contente de « verrouiller » les infrastructures énergétiques à forte intensité carbonique, le coût d'opportunité de la réduction ultérieure des émissions sera plus élevé; cela constituerait un frein supplémentaire à la mise en place des actions nécessaires pour stabiliser le climat.

La tarification des émissions de GES est une solution pour encourager ces progrès techniques. C'est en effet une mesure incitative efficace en vue du développement et de la diffusion de sources et de technologies énergétiques ayant des coûts et une intensité carbonique plus faibles. Grâce à l'exploitation de licences pour ces nouvelles technologies, ces évolutions vont permettre aux émetteurs de GES de bénéficier d'une baisse des coûts associés à la politique climatique (notamment les nécessaires achats de quotas au sein du système européen d'échange de quotas d'émissions [ETS] ou l'acquittement d'une taxe carbone sur les émissions résiduelles); les fournisseurs de ces technologies disposeront quant à eux d'un marché mûr pour les accueillir, sur lequel ils pourront amortir leurs coûts. Selon Calclès et Dechezleprêtre (à paraître), la tarification du carbone au sein de l'ETS a favorisé la hausse des innovations sobres en carbone, bien que cet effet reste modeste compte tenu de la faiblesse des prix du carbone au sein du système. Le recours à la tarification pour stimuler le développement et la diffusion des technologies énergétiques sobres en carbone présente l'avantage principal de favoriser la concurrence entre les différentes approches. En parallèle, un processus d'apprentissage par la pratique entraînera une baisse de certains coûts liés au déploiement à grande échelle des énergies sobres en carbone, à travers l'exploitation généralisée de centrales thermiques et solaires photovoltaïques, de parcs éoliens divers et grâce à l'évolution des technologies de valorisation et d'utilisation de la biomasse (en tant que matière première, pour la production de combustibles et d'électricité).

3. Au-delà de la tarification du carbone...

Cette mesure ne suffira toutefois pas à réduire considérablement les émissions mondiales de GES, de façon à la fois rentable et réalisable sur le plan politique. Malgré l'accumulation des preuves des dangers liés au changement clima-

.....

tique, la fixation de prix suffisamment élevés pour amorcer une transformation technologique importante se heurte toujours à des résistances dans la plupart des pays. En outre, certains inconvénients en termes de coûts des systèmes énergétiques sobres en carbone risquent de perdurer; des avancées technologiques fondamentales plus importantes que ce qu'exige la seule tarification du carbone sont alors nécessaires. Ces difficultés sont liées, d'une part, à la coordination de sources d'électricité renouvelables à la fois très dispersées et intermittentes afin de s'appuyer sur un réseau électrique stable (qui implique la mise au point de technologies de stockage de l'électricité compétitives) et, d'autre part, au développement d'une « nouvelle génération » de réacteurs nucléaires, qui soient compétitifs en termes de coût et apaisent les craintes du public en matière de sécurité et de prolifération nucléaire. Des défis techniques de taille accompagnent également le développement et la mise en œuvre à grande échelle de dispositifs de captage et de stockage à la fois compétitifs en termes de coût et acceptés par le public. Compte tenu des risques d'échec et de la difficulté à capter les avantages économiques d'une nouvelle découverte, le secteur privé mène en général (lorsqu'il les mène) les travaux de recherche scientifique plus fondamentale à trop petite échelle, bien que ces recherches soient nécessaires pour surmonter les obstacles liés aux coûts.

4. ...Vers l'innovation de rupture

L'ampleur et la persistance de ces défis laissent présager l'insuffisance de ces seules « évolutions » technologiques: des innovations de rupture s'avèrent indispensables. En principe, ces innovations peuvent voir le jour à tout moment et provenir de sources diverses; en pratique cependant, une hausse importante et durable des investissements du secteur public dans le domaine de la recherche et développement (R&D) sera sans doute nécessaire pour favoriser leur développement en quantité suffisante. En outre, des investissements publics (ou d'autres formes de partage des coûts et des risques) seront nécessaires pour piloter le déploiement à l'échelle commerciale de ces nouvelles technologies fondamentales, afin de réduire les risques économiques auxquels s'exposent les précurseurs qui en sont à l'origine. Par exemple, les réseaux électriques capables de gérer l'intégration de ressources éparées et intermittentes résultent essentiellement d'importants investissements dans des technologies dont les performances ne peuvent être appréciées qu'une fois celles-ci déployées à grande échelle. Il en va de même pour les dispositifs de captage et de stockage du CO₂ à grande échelle. L'évaluation de la performance économique des technologies héliothermiques déployées à grande échelle nécessiterait de construire de nombreuses centrales présentant des caractéristiques et des conditions d'exploitation diverses; mais la construction de chaque centrale coûterait des milliards de dollars, et leur production d'énergie durant la phase d'ajustement ne serait pas rentable par rapport aux autres sources d'énergie.

5. L'importance de la coopération internationale dans le domaine de la technologie

Le financement d'un ensemble de programmes par les pays, en fonction des avantages comparatifs de chacun (certains possèdent par exemple un potentiel éolien ou solaire élevé, ou une géologie favorable au captage et au stockage du CO₂) et selon les approches technologiques jugées les plus prometteuses, pourrait absorber cette hausse indispensable des investissements publics dans la R&D. Cette approche comporte toutefois des limites importantes qui soulignent l'importance de la coopération internationale dans le domaine de la R&D dédiée aux technologies sobres en carbone.

Bien qu'impossible à chiffrer, le coût du déploiement à grande échelle des programmes nationaux de développement des technologies énergétiques constitue une première limite. Selon les chiffres émanant de l'AIE⁴, le montant total des investissements de recherche-développement et démonstration liés à l'énergie supportés par les États de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) ont représenté près de 15,3 milliards de dollars par an entre 2005 et 2013. Les projets liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables ont représenté 35 % de cette somme (à parts presque égales), le nucléaire 30 %, et les énergies fossiles seulement 15 %. Cependant, l'hydrogène et les piles à combustible d'une part, et les technologies de stockage d'autre part, n'ont représenté chacun que 5 % des investissements. Les financements alloués aux technologies de captage et de stockage sont également très faibles compte tenu du rôle que celles-ci risquent de jouer dans la décarbonisation à moyen et long terme.

Le GIEC (2014a, section 7.12.4) souligne que les investissements récents de R&D dans le domaine de l'énergie ont représenté 5 % du total des investissements de R&D, soit moins de la moitié de leur niveau de 1980. Si l'énergie représente une part aussi faible de la R&D totale (sans même compter la part consacrée aux énergies sobres en carbone), la place de la R&D dédiée aux énergies sobres en carbone à l'échelle internationale soulève également des questions. Il est impossible de savoir quelles seront les approches technologiques qui permettront de réduire aussi bien les coûts que les émissions. Pour cette raison, il est prudent d'en explorer plusieurs à la fois, au lieu de se concentrer prématurément sur d'éventuelles « gagnantes ». Cependant, pour qu'elle soit efficace, l'exploration de nombreuses approches requiert des investissements très lourds en termes de R&D et de déploiement commercial, comme indiqué plus haut. Ainsi, s'il est souhaitable d'envisager diverses options de développement et de diffusion des technologies, cette approche s'avère très onéreuse.

Les pays de l'OCDE, entre autres, ne bénéficient actuellement que d'une marge de manœuvre budgétaire limitée, aussi leur sera-t-il difficile d'augmenter de façon absolue et significative le montant des investissements dans la

4. Voir http://www.oecd-ilibrary.org/fr/energy/data/iea-energy-technology-r-d-statistics/rd-d-budget_data-00488-en.

recherche-développement et démonstration consacrée aux énergies sobres en carbone, avec ou sans coopération internationale. La baisse des investissements privés dans la R&D, qui passent en dessous du niveau socialement souhaitable, pose un autre problème; elle résulte de la difficulté à mettre en place des mesures incitatives adaptées pour stimuler le développement des savoirs. Les connaissances fondamentales issues des activités de R&D du secteur public au sens large ne peuvent généralement pas être brevetées (contrairement aux nouveaux dispositifs créés à partir de ces connaissances). Ainsi, la hausse des investissements dans la R&D par un pays en particulier expose celui-ci à la fuite d'une partie des bénéfices réalisés, d'autres pays pouvant alors exploiter les connaissances acquises sans en partager les coûts. Le développement et le transfert des technologies dans les pays en développement constitueront toutefois une composante essentielle d'un régime climatique mondial efficace⁵. À l'échelle de chaque État, il est évident qu'une hausse majeure du nombre de programmes de R&D sur les énergies sobres en carbone sera motivée par les éventuels bénéfices, et non par les bienfaits pour la planète. En outre, les coûts économiques et politiques associés à l'échec de certains programmes risquent de privilégier la poursuite de technologies potentiellement plus performantes et plus faciles à mettre en œuvre, alors qu'en matière de décarbonisation les meilleures solutions pourraient bien être celles qui sont aujourd'hui considérées comme marginales. Cette dimension pourrait être plus facile à gérer si l'on envisageait la création d'un portefeuille de R&D à l'échelle mondiale, comportant des solutions choisies et dans lequel les activités seraient coordonnées et les coûts partagés, tout au moins implicitement.

Ces éléments mettent en évidence les bénéfices que nous pourrions obtenir si, dans le cadre de la coopération internationale sur le climat qui s'annonce, nous accordions une attention méritée au déploiement international et à la coordination des activités de R&D consacrées aux énergies sobres en carbone. La conclusion d'accords portant sur la coordination des programmes de recherche permettant de partager les coûts des investissements de R&D, ainsi que sur l'accès aux avantages qui en résultent, augmentent le bien public mondial. Ce type d'accord serait plus efficace que de chercher à répartir les coûts de l'atténuation des émissions (un fléau public mondial) en négociant les objectifs d'émissions au niveau national⁶.

Cela ne veut pas dire que la conclusion d'un accord international sur le

5. Voir le chapitre 31 de ce volume par H. de Coninck et S. Bhasin: *Développement et transfert de technologie, conditions nécessaires à un régime climatique viable*.

6. Quant aux contributions prévues déterminées au niveau national (INDC) afin d'atténuer les émissions mondiales de GES, qui occupent le devant de la scène avec la COP de Paris, les discussions restent possibles, notamment pour évaluer la justesse de la contribution d'un pays. Par ailleurs, à l'image des accords internationaux sur le climat, les négociations relatives aux INDC seront sans doute confrontées à une difficulté fondamentale identifiée par de nombreux auteurs: quels que soient les accords conclus, ceux-ci risquent d'avoir peu d'effets sur la trajectoire des émissions mondiales de GES, dans la mesure où ils rassemblent des pays aux situations diverses et partageant tous une certaine apathie, dans l'attente d'efforts supplémentaires de la part des autres. La nature de cet enjeu est analysée en détail dans les divers essais publiés par Aldy et Stavins (2010).

développement des technologies énergétiques sobres en carbone serait plus facile : les engagements de financement, les moyens de garantir le respect de ses engagements et les droits des participants en matière d'accès aux découvertes résultant du programme feraient encore l'objet de négociations ardues. En outre, la gestion administrative occuperait une place très importante. Les barrières commerciales limitant les échanges de technologies écologiques au niveau international seraient toujours problématiques. Néanmoins, une approche si prometteuse devrait se voir conférer une meilleure place au sein des négociations internationales sur le climat.

6. Un programme Apollo mondial ?

Plusieurs auteurs de renom (notamment Lord Stern) ont récemment proposé un programme Apollo mondial pour lutter contre le changement climatique, « Global Apollo Programme to Tackle Climate Change » (King *et al.*, 2015), attirant à juste titre l'attention sur la nécessité d'élargir les activités internationales de recherche-développement et démonstration consacrées à l'atténuation des émissions de GES, y compris les technologies énergétiques sobres en carbone⁷. Le programme proposé appelle à élever les investissements à 15 milliards de dollars par an, soit environ 0,02 % du PIB mondial, puis à fixer leur évolution en fonction de la croissance du revenu mondial. Par rapport aux chiffres présentés plus haut, cela représenterait un peu plus du double des montants récemment consacrés aux combustibles non fossiles. Cet ordre de grandeur est toutefois inférieur aux montants recommandés par le GIEC et l'AIE pour aboutir à une transition vers des énergies sobres en carbone. Il reste donc à déterminer dans quelle mesure les investissements proposés permettront de réduire les coûts des nouveaux investissements en faveur des énergies sobres en carbone. Quant à savoir si ces investissements se traduiront par une baisse du coût des énergies sobres en carbone suffisante pour encourager l'arrêt plus rapide de la production d'énergies fossiles, rien n'est moins sûr (Evans, 2015).

Par ailleurs, la communauté internationale est-elle prête à investir près de 0,02 % du PIB annuel mondial pendant plusieurs années en faveur des activités de recherche-développement et démonstration publiques et privées qui visent à réduire considérablement et rapidement les émissions de GES ? Seuls le temps et l'intensification des efforts consentis pour élargir la coopération internationale dans le domaine de la recherche-développement et démonstration nous le diront.

7. L'analogie avec la mission Apollo de 1969 est toutefois erronée, dans la mesure où elle ne tient pas suffisamment compte de la diversité des initiatives technologiques nécessaires pour générer une réduction drastique des émissions de GES.

7. Mesures complémentaires : coordination des normes technologiques

Dans la mesure où ils pourraient accroître la demande de technologies actuelles et à venir, la conclusion d'accords internationaux sur les normes permettant d'évaluer la performance des technologies consommatrices d'énergie complèterait habilement la création d'un programme de coordination internationale en faveur du développement de technologies sobres en carbone (Barrett et Toman, 2010). La coordination des normes de performance au niveau international pourrait stimuler la demande de technologies d'efficacité énergétique supérieure et entraîner une baisse de leurs coûts de production, y compris avec les technologies actuelles. Il pourrait en résulter une baisse significative des émissions à un coût relativement acceptable (bien que le coût des programmes en faveur de l'efficacité énergétique fasse toujours l'objet de discussions), affranchie de toute difficulté politique ou économique majeure généralement liée à la tarification du carbone.

Des mesures plus ambitieuses visant à stimuler la demande de nouvelles technologies pourraient inclure des accords internationaux portant sur les normes sectorielles d'efficacité énergétique et d'intensité carbonique. Par exemple, les compagnies d'électricité nationales pourraient se voir attribuer des objectifs de réduction des émissions de GES par unité d'électricité produite et selon un calendrier défini. Il est évident que de tels accords, selon leur nature, impliqueraient des coûts différents dans chaque pays. Leur négociation sera cependant peut-être plus facile que celle des objectifs de réduction des émissions de CO₂, car il est possible de les définir en termes de modernisation technologique et de pénétration des marchés internationaux pour la fourniture et l'utilisation des technologies modernes. Le degré d'ambition de ce type d'accords dépendra de la manière dont chaque pays perçoit et envisage la baisse du coût de la décarbonisation à long terme, en particulier au moyen d'efforts collectifs de réduction du coût des technologies sobres en carbone. Ces accords ne remplaceront peut-être pas la coordination internationale en matière de tarification du carbone, mais ils pourraient, en attendant, jouer un rôle non négligeable.

Références

- Agence internationale de l'énergie (AIE), 2014, *CO₂ Emissions from fuel combustion: Highlights*, Paris, OCDE/AIE.
- ALDY J.E. et STAVINS R.N. (éd.), 2010, *Post-Kyoto international climate policy: Implementing architectures for agreement*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- BARRETT S. et TOMAN M.A., 2010, « Contrasting future paths for an evolving global climate regime », *Global Policy* 1 (1), p. 64-74.
- CALEL R. et DECHEZLEPRÊTRE A. (à paraître), « Environmental policy and

-
- directed technological change: Evidence from the European carbon market», *Review of Economics and Statistics* (sous presse).
- CHENG J.J. et TIMILSINA G.R., 2011, « Status and barriers of advanced biofuel technologies: A review », *Renewable Energy* 36 (12), p. 3541-3549.
 - Energy Information Administration (EIA), 2013, *International Energy Outlook 2013*, Washington DC.
 - EVANS S., 2015, « Climate change “Apollo program” raises both hope and questions », *The Carbon Brief*, 2 juin (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.carbonbrief.org/blog/2015/06/analysis-climate-change-apollo-programme-raises-both-hope-and-questions/>).
 - GIEC, 2014a, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - GIEC, 2014b, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - JOSKOW P.L., 2011, « Comparing the costs of intermittent and dispatchable electricity generating technologies », *American Economic Review* 101 (3), p. 238-241.
 - KESSIDES I.N. et WADE D.C., 2011, « Deriving an improved dynamic EROI to provide better information for energy planners », *Sustainability* 3 (12), p. 2339-2357.
 - KING D., BROWNE J., LAYARD R., O'DONNELL G., REES M., STERN N., TURNER A., 2015, *A Global Apollo Programme to Combat Climate Change*, Londres, Centre for Economic Performance (disponible en anglais à l'adresse : http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/special/Global_Apollo_Programme_Report.pdf).

Chapitre 23

Rôle des énergies renouvelables dans la décarbonisation

Valentina Bosetti

L'expression « énergies renouvelables » désigne l'ensemble des sources d'énergie naturelles exploitables et inépuisables à l'échelle humaine, c'est-à-dire l'hydroélectricité (bien que généralement exclue du groupe des « nouvelles » énergies renouvelables), les énergies éolienne et solaire, marémotrice et houlomotrice, océanique et géothermique ainsi que la biomasse (GIEC, 2011). Toutes jouent un rôle essentiel dans la décarbonisation, mais leur substitution aux énergies fossiles est également susceptible d'engendrer des avantages associés importants, tels que l'amélioration de la « sécurité énergétique », grâce à la diversification des sources d'énergie, la réduction de la pollution à l'échelon local, l'atténuation de la pauvreté énergétique et, plus largement, la promotion de la « croissance verte ». Du fait de leur diversité, les sources d'énergie renouvelables sont beaucoup plus répandues sur la planète que les hydrocarbures et ouvrent donc, en principe, de nouvelles voies de développement dans la plupart des régions du monde.

À court terme, le passage aux énergies renouvelables et l'amélioration des technologies associées pourraient abaisser le coût de l'abandon des combustibles fossiles et inciter ainsi davantage les pays à hausser la barre de leurs contributions prévues déterminées au niveau national (INDC). À long terme, parce qu'elles constituent la principale approche technologique susceptible d'éliminer totalement les émissions, les énergies renouvelables ont la capacité d'influer sur la définition d'objectifs de température ambitieux à l'échelle mondiale.

Pour toutes ces raisons, les politiques en faveur de l'adoption des énergies renouvelables – qui facilitent leur intégration ou qui promeuvent l'innovation dans les technologies de prochaine génération – devraient jouer un rôle clé dans les futures négociations internationales sur le climat.

La section 1 décrit le potentiel technique des énergies renouvelables ; la section 2 passe en revue leur rôle essentiel dans l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) ; la section 3 aborde les principaux obstacles à leur déploiement à grande échelle et préconise des politiques susceptibles d'éliminer ces blocages.

Il est important de garder à l'esprit qu'après une période de baisse sans précédent du coût des nouvelles énergies renouvelables (et des panneaux solaires

notamment), la réglementation est en train d'évoluer dans plusieurs pays. Cette tendance, qui se généralise, risque de freiner les investissements à l'avenir (AIE, 2014) et d'empêcher les énergies renouvelables d'atteindre le niveau de déploiement requis par les scénarios de décarbonisation profonde. Comme l'avance le présent chapitre, les négociations internationales sur le climat ont le pouvoir d'inverser cette tendance à condition de fournir les indications claires et à long terme requises pour une croissance soutenue de ces technologies.

1. Énergies renouvelables : situation actuelle et potentiel technique

En 2013, les énergies renouvelables, principalement l'hydroélectricité, représentaient environ 22 % de la production totale d'électricité et approximativement 13 % du total mondial de la fourniture d'énergie primaire, principalement assurée par la biomasse. Le déploiement à l'échelle mondiale de la capacité de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables devrait atteindre 2 550 GW en 2020 (soit une croissance de 50 %). Plus de la moitié de cette nouvelle capacité devrait être installée dans des pays non membres de l'OCDE. Selon les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), d'ici 2020 cette croissance entraînera une hausse de 22 à 25 % de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité. Les projections présentées dans le tableau 23.1. indiquent une progression de 50 % supplémentaires d'ici 2030.

Tableau 23.1. Puissance installée mondiale des énergies renouvelables en 2000, 2010 et 2014, et projections pour 2030 (en GW)

Type d'énergie renouvelable	2000		2010		2014		2030 (projections de l'AIE)	
Hydroélectricité	781,73	(92,8 %)	1 027,60	(76,2 %)	1 172,00	(64,1 %)	1 670,00	(41,4 %)
Énergie éolienne	17,33	(2,1 %)	196,33	(14,6 %)	369,60	(20,2 %)	1 173,00	(29,1 %)
Énergie solaire	1,23	(0,1 %)	40,05	(3,0 %)	179,64	(9,8 %)	900,00	(22,3 %)
Bioénergie	33,72	(4,0 %)	72,54	(5,4 %)	94,53	(5,2 %)	245,00	(6,1 %)
Géothermie	8,32	(1,0 %)	10,98	(0,8 %)	12,41	(0,7 %)	42,00	(1,0 %)
Énergies marémotrice, houlomotrice et océanique	0,27	(0,0 %)	0,27	(0,0 %)	0,53	(0,0 %)	6,00	(0,1 %)

Remarques : parts respectives entre parenthèses.

Source : Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) (<http://resourcereina.irena.org/>) ; projections de l'AIE à l'horizon 2030 (2015).

Les chiffres du tableau 23.1. constituent des estimations et des projections de la puissance installée cumulée des différentes énergies renouvelables pour plu-

.....

sieurs années. Profitant de la baisse conséquente du coût des panneaux solaires photovoltaïques, qui a été divisé par deux dans plusieurs pays depuis 2000, la puissance éolienne et solaire a connu la croissance la plus rapide. La baisse des coûts résulte principalement de l'innovation dans la structure de production développée par des fabricants chinois.

Près de 50 % de la puissance installée se situent actuellement dans les cinq pays où le déploiement des énergies renouvelables est le plus avancé : l'Allemagne, le Canada, la Chine et les États-Unis. Cependant, à l'avenir, l'essentiel des installations devrait se concentrer dans les pays en développement, où est attendue la plus forte progression des besoins énergétiques au cours des prochaines décennies.

Les projections pour 2030 du tableau 23.1. reposent sur l'hypothèse d'une hausse des investissements dans les énergies renouvelables destinés à la production d'électricité. En passant de 270 milliards de dollars US en 2014 à 400 milliards de dollars US en 2030, ces investissements entraîneraient alors une multiplication par plus de trois de la puissance éolienne et solaire installée. En dépit de la tendance actuelle à l'augmentation des investissements dans les énergies renouvelables, ce secteur devrait aborder une période de transition en raison d'un changement de politique dans la plupart des pays (AIE, 2014). Hormis un éventuel effet des négociations climatiques internationales, on devrait assister à une stabilisation de la production, des ajouts de capacité et de l'investissement dans l'énergie renouvelable autour de 2020. Après une période d'expansion très rapide, la production et la consommation de biocarburants au Brésil, aux États-Unis et dans l'Union européenne sont en train de ralentir en raison de l'évolution des politiques induite par les effets négatifs des stratégies antérieures, notamment la très forte demande de terres cultivables et ses répercussions sur les prix agricoles, en termes d'équilibre général. Atteindre les objectifs de l'AIE prévus pour 2030 nécessiterait une inversion de cette tendance récente.

Les énergies renouvelables sont susceptibles de répondre à tous les besoins en énergie de l'humanité. Elles peuvent produire de l'électricité, de la chaleur et de l'énergie pour les moyens de transport. Le Rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelables et l'atténuation du changement climatique (GIEC, 2011) a conclu que le potentiel technique consolidé mondial des énergies renouvelables dans leur ensemble est très supérieur aux besoins énergétiques mondiaux, en dépit de l'incertitude élevée entourant les hypothèses relatives aux possibilités d'utilisation des terres, qui doivent tenir compte de questions comme la biodiversité, la sécurité alimentaire, la limitation des ressources en eau et la dégradation des sols (GIEC, 2011)¹.

.....

1. La complexité de ce type d'interactions renforce l'incertitude entourant les niveaux de déploiement potentiels de la biomasse dans la production d'énergie, qui devrait se situer dans la fourchette de 100 à 300 EJ d'ici 2050 (à titre de comparaison, la consommation d'énergie primaire de l'Amérique du Nord était de 112 EJ en 2012).

2. Rôle des énergies renouvelables dans l'avènement d'un avenir sans carbone

Les simulations des modèles économiques mondiaux consacrés à l'énergie assignent un rôle fondamental aux énergies renouvelables à court, moyen et long (seconde moitié du siècle) termes (Clarke *et al.*, 2014).

Les projections à l'horizon 2050 confèrent un rôle important aux sources d'énergie renouvelables directement liées à la production d'électricité (p. ex., éolienne et solaire) et de chaleur. Chaque option enrichit le portefeuille d'alternatives technologiques, favorise la diversification en matière de sources d'énergie et, ce faisant, contribue à réduire les coûts de l'atténuation et à faciliter la décarbonisation. À court terme, la solution consistant à associer la pénétration accrue des énergies renouvelables à la production d'électricité à partir de gaz est considérée comme la plus prometteuse, car elle permettrait au système énergétique de conserver toute sa flexibilité.

Le rôle des technologies éolienne et solaire pourrait diminuer à long terme. Dans les années 2050 et au-delà, les initiatives visant à aligner la température mondiale moyenne sur l'objectif des 2 ou 2,5 °C permettront aux technologies à « émissions négatives » de modérer les coûts d'atténuation (Krey *et al.*, 2013). En effet, l'option technologique visant à associer production d'électricité à partir de la biomasse et captage/stockage du carbone (CSC) jouera un rôle prépondérant à long terme, car elle permettra à la fois de produire une électricité neutre en carbone et de générer des émissions « négatives ». Cette option consiste à produire de l'électricité à partir d'une biomasse durable neutre en carbone puis de capter le dioxyde de carbone (CO₂) au niveau des centrales et de l'enterrer dans des sites géologiques². La plupart des projections qui n'intègrent pas cette option aboutissent à des coûts de décarbonisation très élevés ou ne trouvent pas de combinaison technologique apte à respecter des objectifs climatiques stricts (c'est à dire, des scénarios conduisant à environ 450 ppm eqCO_2) (Azar *et al.*, 2006 ; van Vliet *et al.*, 2009, 2012 ; Krey *et al.*, 2013).

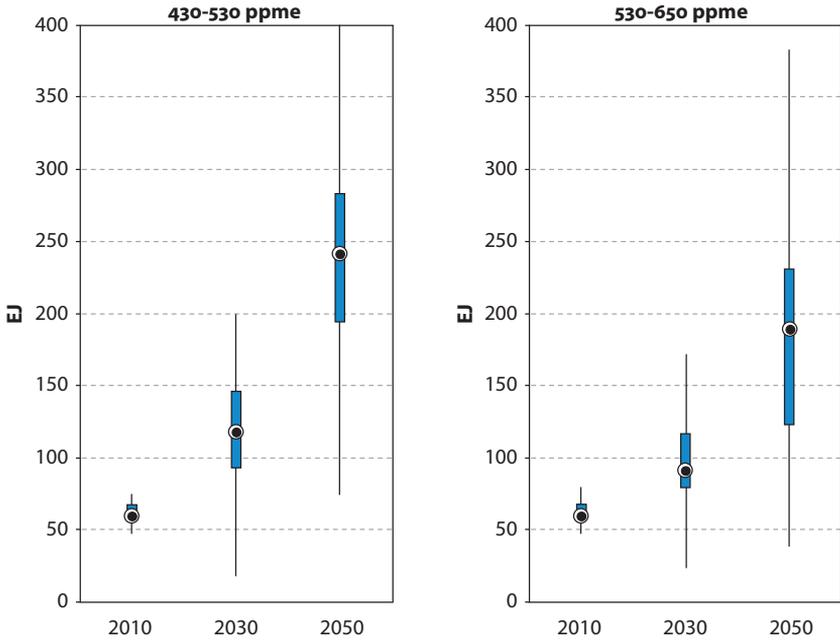
La figure 23.1. présente les projections relatives à la production d'énergie primaire à partir de sources renouvelables, issues de multiples simulations effectuées par des modèles d'évaluation intégrés (MEI) pour deux années représentatives (2030 et 2050), dans deux catégories de scénarios climatiques (le cadre de gauche indique la fourchette des résultats obtenus par les modèles correspondant à 430-530 ppme, soit un objectif de température d'environ 2 °C, et celui de droite fournit les résultats correspondant à 530-650 ppme, soit environ 3 °C).

En dépit de l'incertitude très élevée entourant cette fourchette de résultats, notamment concernant les avancées technologiques dans le domaine des énergies renouvelables, les scénarios climatiques les plus stricts (cadre de gauche) aboutissent à un triplement de l'expansion moyenne requise par rapport aux niveaux actuels, d'ici le milieu du siècle. *En 2050, la production*

2. Voir le chapitre 24 de ce volume par Massimo Tavoni : *Le captage et stockage du carbone : rêve ou réalité?*

d'énergie primaire à partir de sources renouvelables représenterait ainsi près de la moitié de l'énergie primaire totale actuelle (un tiers dans le cas des scénarios de stabilisation climatique plus modérés).

Figure 23.1. Projections modélisées de la production d'énergie primaire à partir de sources renouvelables



Remarques: moyenne des estimations de modèles d'évaluation intégrés (MEI). Pour chaque cadre, la marque centrale représente la médiane, les bords correspondent aux 25^e et 75^e centiles et les traits plus fins vont jusqu'aux points de données les plus extrêmes non considérés aberrants (correspondant à 99 % si les données sont normalement distribuées). L'énergie primaire est l'énergie contenue dans les combustibles bruts. Il convient de noter que le total de la consommation mondiale actuelle d'énergie primaire (y compris énergies fossiles et énergie nucléaire) est de 567 EJ et devrait passer à 612 et à 643 EJ d'ici 2020 et 2030 (AIE, 2015).

Source: graphique réalisé par l'auteur à partir de la base de données AR5 du Groupe de travail III du GIEC (<https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/AR5DB>).

3. Obstacles au déploiement

Plusieurs points soulèvent des incertitudes susceptibles d'entraver le déploiement des énergies renouvelables.

Évolution des coûts

Le principal obstacle à la concrétisation de l'énorme potentiel technique des énergies renouvelables tient avant tout à leur coût de transformation élevé par

rapport aux technologies à base de combustibles fossiles existantes³. En dépit de la baisse notable du coût des énergies solaire et éolienne au cours des cinq dernières années, la parité réseau⁴ ne sera pas atteinte de sitôt, notamment si le prix des combustibles fossiles demeure faible. En effet, malgré des disparités régionales liées à la disponibilité des ressources, seule l'énergie éolienne (en dehors de l'hydroélectricité) est susceptible de faire concurrence à la production d'électricité à partir de charbon ou de gaz. Alors que, dans l'éolien, la réduction des frais de main-d'œuvre et des matériels accompagnée d'effets d'apprentissage risque de constituer le facteur principal de la baisse des coûts, des avancées technologiques majeures pourraient entraîner une réduction considérable du prix de revient d'autres énergies renouvelables (solaire, biomasse et énergie océanique).

Trois stratégies principales (qui ne sont pas incompatibles) pourraient renforcer la compétitivité des énergies renouvelables. La première repose principalement sur le financement direct de programmes publics de recherche et développement (R&D) ou sur des mesures incitant le secteur privé à mener des travaux de R&D dans les énergies renouvelables. La deuxième est un ensemble de stratégies fondées sur des mécanismes visant à accroître la demande. Les politiques publiques axées sur le déploiement des énergies renouvelables et incluant des normes, des certificats verts et des tarifs d'achat encouragent non seulement l'adoption de ces énergies, mais incitent également à innover davantage (Johnstone *et al.*, 2010). La troisième stratégie consisterait à tarifier directement les émissions de carbone. Elle pénaliserait les technologies concurrentielles existantes dans le but, ici encore, d'inciter à adopter les énergies renouvelables et à innover. Bien que le débat sur les mérites comparés de ces stratégies soit loin d'être clos, il apparaît de plus en plus clairement qu'une combinaison des trois s'avérera probablement nécessaire. De plus, l'adoption d'une politique à long terme capable d'obtenir l'engagement à investir les capitaux requis jouera un rôle très favorable.

Plusieurs études récentes ont rassemblé des avis d'experts via des protocoles et entretiens structurés sur les probabilités d'évolution du coût des technologies neutres en carbone susceptibles de découler des activités de R&D préconisées par la première des trois stratégies.

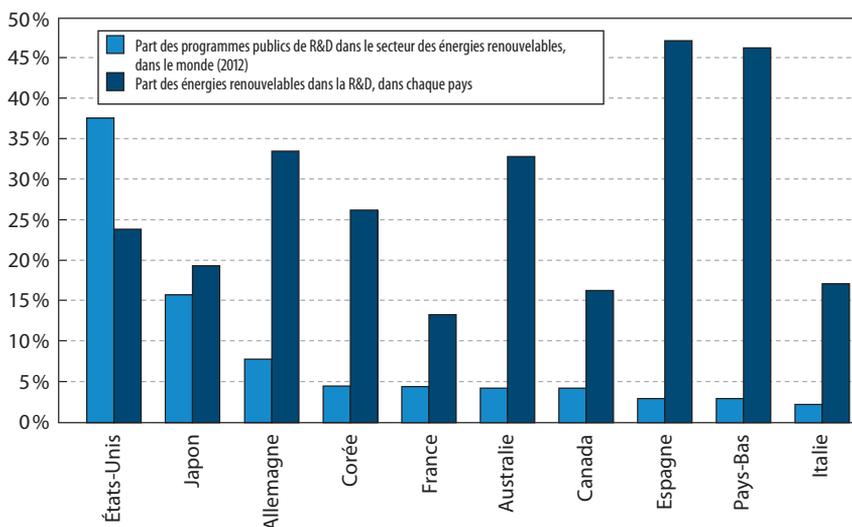
La compilation des résultats leur permet d'évaluer le coût futur probable de la distribution des énergies renouvelables ainsi que d'inférer l'éventuel impact sur cette distribution des investissements dans la R&D (Baker *et al.*, 2008, 2009; Anadón *et al.*, 2012; Bosetti *et al.*, 2012; Fiorese *et al.*, 2013, 2014)⁵.

3. L'hydroélectricité est la plus mature des énergies renouvelables et la seule dont les coûts soient concurrentiels. Cependant, hormis en Amérique latine et en Afrique, l'essentiel de son potentiel est déjà exploité et la plupart des projections sont pessimistes quant au possible renforcement de son rôle.

4. On parle de parité réseau quand une source d'énergie alternative peut générer de l'électricité à un coût moyen inférieur ou égal au prix de l'achat d'électricité au réseau. Le terme s'utilise surtout dans le cadre des sources d'énergie renouvelables, notamment des énergies solaire et éolienne (https://fr.wikipedia.org/wiki/Parit%C3%A9_r%C3%A9seau).

5. Les énergies marémotrice et houlomotrice, l'énergie océanique et la géothermie n'ont pas encore fait l'objet de sollicitations d'experts.

Figure 23.2. Part des énergies renouvelables dans les dépenses publiques de R&D dans un échantillon de pays de l'OCDE, 2013



Source: calculs de l'auteur réalisés à partir des données de l'OCDE relatives à la R&D dans le secteur de l'énergie (2013).

Un résumé de ces études (Bosetti *et al.*, 2015) anticipe une baisse du coût global des énergies renouvelables dans les 15 années à venir et indique que les experts s'attendent à une répercussion des programmes publics de R&D sur ce coût. Les mêmes experts confirment également que les investissements dans la R&D n'atténueront que rarement l'incertitude entourant les coûts. En revanche, il est probable que celle-ci demeurera identique ou s'amplifiera à mesure que les possibilités technologiques se multiplieront du fait de la hausse des investissements dans la R&D (Bosetti *et al.*, 2015). Le coût des panneaux solaires photovoltaïques devrait connaître la baisse la plus importante et ce, que le financement des programmes publics de R&D demeure à son niveau actuel ou qu'il augmente dans les secteurs public comme privé. En dépit de cette tendance probable, toutes les valeurs médianes des coûts escomptés pour 2030 (au 10^e centile dans la plupart des cas) impliquent des coûts moyens toujours supérieurs à ceux de l'électricité produite à partir de charbon ou de gaz (les valeurs médianes des coûts moyens de l'électricité solaire photovoltaïque tournent autour de 0,1 dollar US par kWh [en dollars US de 2010]).

Les experts consultés sur la question des biocarburants et de la bioélectricité indiquent que les programmes publics de R&D consacrés aux énergies renouvelables dans les pays de l'OCDE (voir la figure 23.2.) ne parviendront probablement pas à concurrencer la production d'électricité à partir de combustibles fossiles à l'horizon 2050. Ils soulignent donc la nécessité d'élaborer en parallèle des politiques qui internalisent les coûts externes des émissions de carbone ou qui agissent sur l'accroissement de la demande.

Les barres rouges de la figure 23.2. représentent le pourcentage de la R&D consacrée par chaque pays aux énergies renouvelables sur la totalité des dépenses publiques en matière de R&D dans le secteur de l'énergie (y compris énergies fossiles et énergie nucléaire) et donnent une idée de l'ordre de grandeur de ces investissements. À l'exception de l'Allemagne, de l'Australie, de l'Espagne et des Pays-Bas, la part de la R&D consacrée aux énergies renouvelables est comprise entre 13 et 20 %.

Concernant le financement par le secteur privé, les bases de données de New Energy Finance de Bloomberg (BNEF) rapportent que les entreprises ont investi en moyenne 3,5 milliards de dollars US dans la R&D consacrée aux énergies renouvelables entre 2011 et 2014. Le solaire (environ 60 %) en est le principal bénéficiaire, suivi de l'éolien avec un peu moins de 20 % (École de Francfort – PNUE/BNEF, 2014). À titre de comparaison, ExxonMobil a dépensé à lui seul plus d'un milliard de dollars US dans la R&D en 2011. De plus, le secteur de l'énergie est traditionnellement l'un de ceux où le ratio des dépenses de R&D par rapport au chiffre d'affaires net est le plus faible (moins de 1 % contre environ 10 % dans le secteur pharmaceutique et médical).

L'indicateur d'innovation que constituent les dépôts de brevets (voir Popp *et al.*, 2011) place à nouveau l'Allemagne, les États-Unis et le Japon en tête des pays les plus innovants dans le domaine des énergies renouvelables.

Concernant le second ensemble d'instruments stratégiques (programmes visant à accroître la demande), des données émanant de nombreux pays commencent à être accessibles. Soutenus par des cadres stratégiques à long terme, les investissements dans les énergies renouvelables, financés par de multiples sources, ont augmenté. L'horizon des marchés de l'énergie, notamment les marchés à terme de l'électricité, n'est que de quelques années, alors que les énergies renouvelables nécessitent de nombreux investissements à forte intensité capitalistique sur 20, voire 30 ans. La mise en place de mécanismes visant à accroître la demande est avant tout la conséquence de cette défaillance du marché et du verrouillage technologique au profit des énergies fossiles (Edenhofer *et al.*, 2013). En Europe, ces mécanismes ont joué un rôle déterminant dans l'adoption des panneaux solaires photovoltaïques et des éoliennes, laquelle a, à son tour, fortement contribué à la baisse du coût de ces technologies.

Plusieurs facteurs expliquent le moindre recours à ces politiques dans l'ensemble des pays développés. Dans le cas des biocarburants, il s'agit principalement de la prise de conscience des échecs des politiques initiales. Aux États-Unis et au Japon, des incertitudes demeurent quant à l'évolution du cadre des politiques en matière d'énergies renouvelables, des programmes de tarif d'achat d'électricité et des investissements prévus dans l'intégration du réseau électrique de plusieurs pays. Aux États-Unis, la réglementation de l'Agence de protection de l'environnement (EPA) relative aux émissions des centrales électriques existantes pourrait faciliter le recours aux énergies renouvelables à l'avenir, bien que ces *renewable portfolio standards* fassent l'objet de débats dans plusieurs États⁶.

6. Voir le chapitre 17 de ce volume par D. Burtraw : *L'approche réglementaire de la politique d'atténuation climatique des États-Unis*.

Dans les pays en développement, la plupart des cadres stratégiques ont traditionnellement mis l'accent sur l'électrification. Au Brésil, en Chine (deux marchés majeurs pour les énergies renouvelables aujourd'hui) et en Inde, les politiques favorables à l'adoption d'énergies renouvelables et s'attaquant aux obstacles entravant leur utilisation contribuent de plus en plus à en accélérer le déploiement et à attirer les investissements, alors qu'en Afrique l'électrification demeure un défi de taille⁷.

Intégration des réseaux électriques

Même si la réduction récente des coûts des énergies renouvelables devait se répéter dans un avenir proche, cela n'empêcherait pas un second obstacle majeur de prendre de plus en plus d'importance : l'intégration des réseaux électriques. Que la demande soit stable ou augmente, les sources d'énergies renouvelables sont imprévisibles et sujettes à d'importantes fluctuations pouvant aller de quelques secondes à plusieurs années (GIEC, 2011). Les problèmes que pose l'intégration des réseaux font obstacle à leur déploiement et nécessiteront d'investir dans l'innovation (principalement en matière de technologies de stockage) et dans de nouvelles infrastructures, mais aussi d'adapter l'environnement institutionnel à l'évolution incontournable des marchés de l'énergie. Plus la part des énergies renouvelables dans le réseau électrique sera importante, plus ces questions deviendront urgentes.

Répondre à la demande d'électricité en permanence nécessitera soit des technologies complémentaires assurant la flexibilité de la distribution, soit des systèmes de stockage de l'énergie produite. Grâce à leur souplesse, les centrales à gaz sont les mieux placées pour compléter la part croissante des énergies renouvelables dans le réseau, tout au moins à court terme. Les technologies de stockage au cœur du débat sont basées soit sur le pompage de l'eau ou la pression atmosphérique, soit sur des batteries de grande taille, y compris des réseaux de batteries plus petites, comme celles utilisées dans les véhicules électriques. Enfin, les pratiques de réponse à la demande pourraient également améliorer la gestion des énergies renouvelables.

Le manque de prévisibilité et de flexibilité peut également exercer une pression sur les marchés de l'énergie, qui reposent actuellement sur la tarification au coût marginal. Par conséquent, la pénétration massive des énergies renouvelables pourrait aboutir à un prix faible, si ce n'est négatif, susceptible à son tour d'entraîner une baisse de l'ensemble des investissements sectoriels (Edenhofer *et al.*, 2013).

Problèmes environnementaux

La conception d'une politique impliquant la pénétration massive des énergies renouvelables nécessite de tenir compte d'autres problèmes d'ordre environnemental et social, notamment concernant le recours à grande échelle à la biomasse pour produire de l'électricité et des biocarburants. En effet, la

7. Voir le chapitre 5 de ce volume par A. Mekonnen : *La situation vue de l'Afrique*.

.....

multiplication de cultures destinées à la production d'énergie nuit à d'autres utilisations des terres (cultures vivrières et forêt, p. ex.) et, en principe, met en danger la biodiversité. L'utilisation des terres constitue également l'un des problèmes potentiels majeurs que soulève le déploiement à grande échelle des technologies solaires (de même que la question des déchets toxiques et des émissions de gaz à effet de serre tout au long de leur cycle de vie), mais globalement moins préoccupant que celui posé par la biomasse.

L'énergie hydroélectrique demeure une modeste possibilité, mais son développement jouera un rôle mineur dans l'avenir des énergies renouvelables.

Les risques environnementaux que présentent les technologies productrices d'énergie océanique semblent relativement faibles, bien que celles-ci soient trop immatures pour que nous puissions tirer des conclusions définitives. Enfin, l'empreinte environnementale de l'énergie éolienne est relativement minime.

4. Prochaines étapes

Bien que les énergies renouvelables soient appelées à devenir plus concurrentielles, leur développement à venir demeure étroitement lié à des politiques publiques visant à stimuler leur déploiement effectif, l'innovation et la tarification du carbone. Des cadres stratégiques stables à long terme et les signaux du marché joueront notamment un rôle crucial dans leur déploiement à grande échelle. À l'inverse, l'évolution récente de la réglementation relative aux énergies renouvelables, notamment aux États-Unis, au Japon et dans l'Union européenne, introduit un facteur d'incertitude. Un accord climatique international qui déboucherait sur un engagement mondial à long terme visant l'internationalisation des coûts des émissions de carbone ou qui inclurait une forme ou une autre d'engagement en faveur du déploiement des énergies renouvelables pourrait inverser cette tendance générale.

Même un accord climatique international engageant les pays à moyen ou long terme à atténuer les émissions de combustibles fossiles et à donner un prix adéquat au carbone constituerait une avancée. Par ailleurs, les politiques et les technologies visant à renforcer la flexibilité du système énergétique joueront un rôle particulièrement important. À long terme prendront davantage de poids des politiques encourageant l'innovation et des avancées technologiques majeures dans des domaines comme les technologies de stockage, l'énergie solaire photovoltaïque de troisième génération, le biodiesel à base d'algues ou les biocarburants de troisième génération, ainsi que dans d'autres technologies encore loin d'être commercialisées.

Comme l'indique Toman dans le présent ouvrage⁸, un accord international ayant pour objectifs de coordonner des programmes nationaux de R&D en matière d'énergie renouvelable et de partager le savoir qui en découlerait (p.

.....

8. Voir le chapitre 22 de ce volume par M. Toman : *La coopération internationale pour les technologies énergétiques avancées*.

ex., grâce à l'application de droits de brevets pour le libre accès au savoir ou à la facilitation de l'octroi de licences) pourrait faire progresser à grands pas l'innovation à long terme. Cette préconisation serait particulièrement pertinente dans le cas des technologies à haut risque et à fort potentiel, dont la commercialisation ne sera envisageable que dans un avenir très lointain.

Cependant, comme nous l'avons dit, la plupart des experts sont d'avis que les politiques d'innovation ne suffiront pas à induire les baisses de prix requises à court et moyen termes. En revanche, des mécanismes visant à accroître la demande et des politiques favorisant le transfert international de technologie pourraient jouer un rôle crucial. Dans les décennies à venir, l'essentiel de l'augmentation des besoins énergétiques mondiaux viendra des pays en développement en rapide croissance et les transferts technologiques auront donc un rôle essentiel à jouer. En effet, à l'exception du Brésil et de la Chine, la majorité de la puissance installée et du savoir-faire actuels en matière d'énergies renouvelables se situe dans les pays développés. De la même manière, la plus grosse part des investissements dans la R&D ainsi que l'effort le plus important en termes d'élaboration de politiques complémentaires visant à dynamiser l'adoption des énergies renouvelables, ont jusqu'à présent été principalement le fait des pays développés. Comme le précise en détail le chapitre de Coninck *et al.* dans le présent ouvrage, les accords et les politiques qui encouragent le transfert de technologie et de savoir-faire vers les pays en développement seront extrêmement utiles au déploiement des énergies renouvelables.

En outre, des programmes spécifiques visant à réduire le rapport risque/rendement des investissements dans les énergies renouvelables et ciblant explicitement les pays en développement, dont le risque serait partagé avec les institutions publiques (nationales ou internationales), pourraient encourager le marché florissant des énergies renouvelables dans ces pays⁹.

Références

- AIE, 2014, *Medium-Term Renewable Energy Market Report*, Paris.
- AIE, 2015, *World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change*, Paris.
- ANADÓN L.D., BOSETTI V., BUNN M., CATENACCI M. et LEE A., 2012, « Expert Judgments about RD&D and the Future of Nuclear Energy », *Environmental Science & Technology* 46 (21), p. 11497-11504.
- AZAR C., LINDGREN K., LARSON E. et MÖLLERSTEN K., 2006, « Carbon Capture and Storage From Fossil Fuels and Biomass – Costs and Potential Role in Stabilizing the Atmosphere », *Climatic Change* 74 (1-3), p. 47-79.
- BAKER E.D., CHON H. et KEISLER J., 2008, « Electricity from Biomass: Combining Economic Analysis with Expert Elicitations to Inform Climate

9. Voir le chapitre 33 de ce volume par Barbara Buchner et Jane Wilkinson : *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »*.

- Policy », document de travail, université du Massachusetts, Amherst, Massachusetts, États-Unis.
- BAKER E., CHON H. et KEISLER J., 2009, « Advanced solar R&D: Combining economic analysis with expert elicitations to inform climate policy », *Energy Economics* 31, p. S37-S49.
 - BOSETTI V., CATENACCI M., FIORESE G. et VERDOLINI E., 2012, « The Future Prospect of PV and CSP Solar Technologies: An Expert Elicitation Survey », *Energy Policy* 49, p. 308-317.
 - BOSETTI V., DIAZ ANADON L., BAKER E., ALELUIA REIS L. et VERDOLINI E., 2015, « The Future of Energy Technologies: An Overview of Expert Elicitations », rapport de l'OCDE à paraître, Paris.
 - CLARKE L., JIANG K. *et al.*, 2014, « Assessing Transformation Pathways » chapitre 6 in GIEC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
 - EDENHOFER O., HIRTH L., KNOPF B., PAHLE M., SCHLOEMER S. *et al.*, 2013, « On the economics of renewable energy sources », *Energy Economics* 40, S12-S23.
 - FIORESE G., CATENACCI M., VERDOLINI E. et BOSETTI V., 2013, « Advanced biofuels: Future perspectives from an expert elicitation survey », *Energy Policy* 56, p. 293-311.
 - FIORESE G., CATENACCI M., BOSETTI V. et VERDOLINI E., 2014, « The Power of Biomass: Experts Disclose the Potential for Success of Bioenergy Technologies », *Energy Policy* 65, p. 94-114.
 - Frankfurt School - PNUF/BNEF, 2014, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2014* (disponible en anglais à l'adresse suivante : http://www.unep.org/pdf/Green_energy_2013-Key_findings.pdf).
 - GIEC, 2011, *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridge, Royaume-Uni et New York, Cambridge University Press.
 - JOHNSTONE N., HAŠČIČ I. et POPP D., 2010, « Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts », *Environmental and Resource Economics* 45 (1), p. 133-155.
 - KREY V., LUDERER G., CLARKE L. et KRIEGLER E., 2013, « Getting from here to there – energy technology transformation pathways in the EMF27 scenarios », *Climatic Change* 123 (3-4), p. 369-382.
 - POPP D., HASCIC I. et MEDHI N., 2011, « Technology and the diffusion of renewable energy », *Energy Economics* 33 (4), p. 648-662.
 - VAN VLIET J., DEN ELZEN M. et VAN VUUREN D., 2009, « Meeting Radiative Forcing Targets under Delayed Participation », *Energy Economics* 31, S152-S162.
 - VAN VLIET J., VAN DEN BERG M., SCHAEFFER M., VAN VUUREN D.P., DEN ELZEN M. *et al.*, 2012, « Copenhagen Accord Pledges Imply Higher Costs for Staying below 2 °C Warming », *Climatic Change* 113 (2), p. 551-561.

Chapitre 24

Le captage et stockage du carbone : rêve ou réalité ?

Massimo Tavoni

Les énergies fossiles dominent actuellement le bouquet énergétique mondial et rien ne laisse présager une inversion de cette tendance à court terme. La baisse récente des cours du pétrole, la révolution technologique dans le domaine de l'extraction du pétrole et du gaz et l'abondance des réserves mondiales de charbon vont générer une offre importante d'énergies fossiles plus abordables, concurrençant ainsi les stratégies de lutte contre le changement climatique. Dans cette perspective, la technologie du captage et stockage géologique du carbone (CSC) fournit un moyen de dissocier énergies fossiles et émissions de gaz à effet de serre, tout en encourageant les producteurs d'énergies fossiles à s'impliquer dans l'action internationale sur le climat.

Après avoir rappelé les atouts du captage et stockage du carbone, le présent chapitre explique comment la technologie CSC, combinée à des ressources biologiques, permet d'extraire le CO₂ de l'atmosphère, et quel rôle cette capacité lui confère dans la conformité aux objectifs ambitieux en matière de climat. Il analyse également les conditions d'efficacité du recours à cette technologie et se conclut par des recommandations politiques visant à promouvoir l'élaboration et le déploiement à grande échelle d'un programme efficace de captage et stockage du carbone.

1. Atouts du captage et stockage du carbone

La technologie CSC (captage et stockage du carbone) permet de capter le CO₂ pour le transporter vers un site, géologique ou océanique par exemple, où il sera stocké de telle sorte qu'il ne se répande pas dans l'atmosphère. La caractéristique unique de cette technologie est que l'extraction et la combustion des énergies fossiles n'entrent pas en conflit avec les objectifs d'atténuation du réchauffement climatique. C'est un avantage considérable au vu de l'abondance actuelle et à venir des sources d'énergies fossiles, qui restent extrêmement compétitives, comme en témoignent l'essor du gaz de schiste aux États-Unis au cours des dix dernières années, ainsi que la récente chute des cours du pétrole. Bien que les estimations relatives aux réserves de combustibles fossiles soient très incertaines, on peut affirmer sans risque qu'elles contiennent suffisamment de carbone pour entraîner une hausse des températures bien supérieure à tout

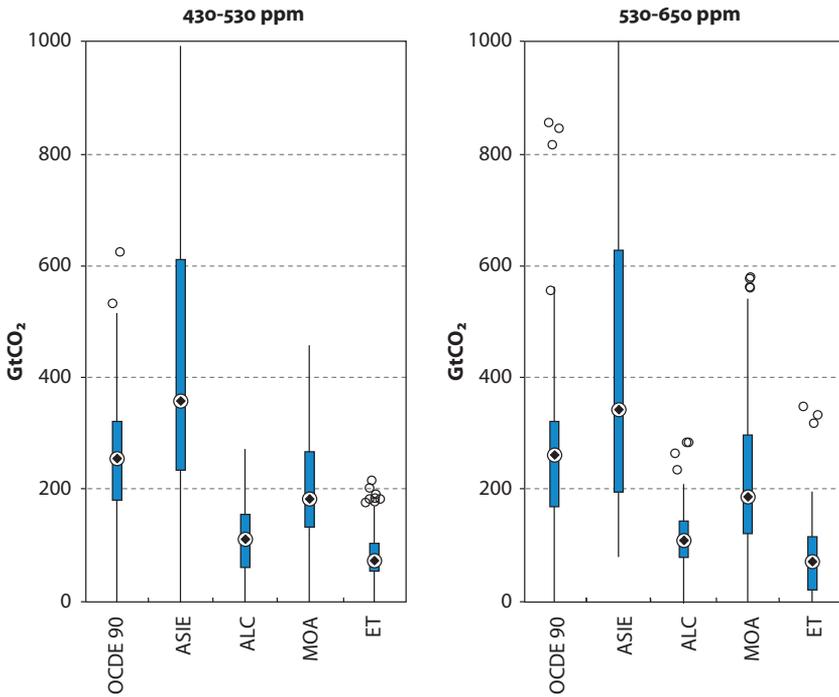
seuil acceptable s'il était libéré (Rogner *et al.*, 2012). C'est notamment le cas du charbon, qui présente à la fois les réserves les plus abondantes et l'intensité carbone la plus élevée¹. Le captage et le stockage du carbone permettraient ainsi de prolonger l'utilisation des énergies fossiles tout en limitant, voire en éliminant, les émissions de gaz à effet de serre associées. En outre, il est en théorie possible de combiner la technologie CSC avec des sources d'énergies non fossiles, telles que la biomasse, qui permettraient d'absorber le CO₂ plutôt que de l'émettre dans l'atmosphère. Cette technologie « à émissions négatives » favoriserait l'élimination d'une partie du CO₂ déjà présent dans l'atmosphère ou issu des émissions futures. Enfin, les dispositifs CSC, qui permettent dans une certaine mesure d'intégrer les énergies fossiles aux stratégies de réduction des émissions, pourraient fortement influencer les négociations sur le climat. La suite de ce court chapitre est consacrée au rôle du captage et stockage du carbone dans la stabilisation du climat, ainsi qu'à l'état d'avancement de la technologie et à sa place au sein des politiques sur le climat et l'énergie.

2. Le captage et stockage du carbone pour stabiliser le climat

Notre description de l'importance du captage et stockage du carbone en tant que stratégie de stabilisation du climat s'appuie sur les résultats des scénarios récemment étudiés par le Groupe de travail III pour le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (GIEC, 2014, chapitre 6). Ces scénarios, qui reposent sur des modèles intégrant les aspects énergétiques et économiques, décrivent plusieurs évolutions possibles des systèmes énergétiques au fil du siècle, d'après plusieurs hypothèses relatives aux politiques climatiques. La figure 24.1. représente la quantité totale de CO₂ qui devra être captée par les dispositifs CSC pour répondre à différents objectifs de politique climatique, dans cinq régions représentatives. Dans un contexte de transformation mondiale du secteur de l'énergie, ces chiffres permettent d'identifier la stratégie de captage et stockage la plus rentable qui permettra de stabiliser le réchauffement climatique à une hausse de 2 °C (graphique de gauche) ou 3 °C (graphique de droite). Leur calcul s'appuie sur des modèles intégrés d'évaluation, basés sur de nombreuses hypothèses de politiques climatiques et d'autres leviers d'atténuation sobres en carbone. Cette figure montre l'importance du captage et stockage du carbone en tant que stratégie de réduction des émissions. Quels que soient les régions, les modèles et les politiques, le volume moyen de CO₂ capté et stocké tout au long du siècle s'élève à plusieurs centaines de milliards de tonnes de carbone (GtCO₂). En comparaison, les émissions actuelles représentent environ 35 GtCO₂ par an. En additionnant les contributions régionales, la quantité totale de CO₂ capté dépasserait 1 000 GtCO₂, soit le niveau du budget carbone nécessaire pour maintenir la hausse des températures en dessous de 2 °C.

1. À titre de référence, le coefficient d'émission de l'électricité produite à partir du charbon avoisine les 1 000 gCO₂/kWh, celui du gaz naturel est plus proche de 600 gCO₂/kWh.

Figure 24.1. Quantités totales (projections) de CO₂ capté par région selon deux scénarios de politiques, 2010-2100



Remarques : ALC désigne l'Amérique latine et centrale, MOA le Moyen-Orient et l'Afrique, et ET correspond aux économies en transition. Les points noirs représentent les données médianes, les barres épaisses correspondent aux trois premiers quartiles et les barres fines s'étendent jusqu'au 99^e centile; les valeurs extrêmes sont représentées par des cercles.

Source : analyse de l'auteur à partir de la base de données de scénarios étudiés par le Groupe de travail III du GIEC dans le cinquième Rapport d'évaluation (<https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/AR5DB/dsd?Action=htmlpage&page=about>).

Dans le cadre de politiques climatiques, le captage et stockage du carbone offre l'avantage de s'appliquer à diverses sources fossiles, telles que le gaz et le charbon, ainsi qu'aux sources biologiques, comme évoqué plus haut. Cette souplesse rend cette technologie particulièrement intéressante pour différents niveaux de politiques climatiques plus ou moins exigeantes, comme le montre la figure 24.1. Un autre atout du captage et stockage du carbone est la possibilité de l'associer à la bioénergie (une méthode couramment appelée BECCS) en captant le CO₂ dans la biomasse et en le stockant sous terre, ce qui offre (en théorie) la possibilité de parvenir à des émissions négatives. Bien que le coût de ce type de méthode soit actuellement supérieur à celui des technologies d'atténuation traditionnelles (plus de 100 dollars par tCO₂), les modèles laissent penser que l'élimination du CO₂ jouera un rôle important, en particulier dans la seconde moitié du siècle, lorsque les prix du carbone auront atteint

des niveaux suffisamment élevés. Mais malgré son potentiel, il n'est pas certain que la BECSC puisse assurer les taux d'absorption annoncés par les modèles d'optimisation économique, notamment au regard des limites technologiques et institutionnelles et de la nécessité de fournir de la biomasse neutre en carbone. De grandes incertitudes pèsent par conséquent sur les émissions négatives (Azar *et al.*, 2013; Tavoni et Socolow, 2013; Fuss *et al.*, 2014).

Les conclusions très diverses des scénarios de la figure 24.1. reflètent également ces incertitudes, dans la mesure où certains modèles n'ont pas intégré le captage et stockage du carbone, comme l'indiquent les barres d'intervalle de confiance, qui correspondent à une quantité nulle de CO₂ capté. Cette analyse montre également que, parmi toutes les technologies d'atténuation, le captage et stockage du carbone est la plus rentable : se passer de cette technologie ou l'interdire entraînerait une hausse importante (un doublement, voire plus) du coût financier associé aux différents scénarios de stabilisation du climat, en particulier pour les plus stricts d'entre eux (Tavoni *et al.*, 2012; Kriegler *et al.*, 2014, p. 27). Si un portefeuille important de technologies sobres en carbone est nécessaire en vue de la stabilisation du climat, la technologie CSC en représente l'un des principaux éléments dans la mesure où elle est la seule à permettre la poursuite de l'exploitation des sources d'énergies fossiles.

3. Avancées et perspectives de la technologie CSC

Les scénarios de stabilisation du climat impliquent un développement considérable de la technologie CSC au cours des prochaines décennies, qui contraste fortement avec son déploiement actuel très limité. À l'heure où nous rédigeons le présent chapitre, environ 14 projets pilotes de captage et stockage sont en cours, parmi lesquels quatre sont dédiés à la récupération assistée du pétrole². Si plusieurs autres projets ont été annoncés, autant ont été annulés, ce qui s'explique naturellement par le niveau élevé des investissements requis par rapport aux technologies traditionnelles. Ainsi, aux États-Unis, la décision récente du gouvernement d'interrompre le projet FutureGen résulte des inquiétudes persistantes des investisseurs quant à la viabilité économique du projet de captage du carbone, malgré une contribution fédérale d'un milliard de dollars US. C'est aussi la conséquence du faible prix du gaz naturel et de la baisse des coûts des sources d'énergie renouvelables, qui offrent actuellement des solutions plus économiques de réduction des émissions de CO₂. En outre, le soutien du public est une composante essentielle du développement des technologies CSC, dans la mesure où elles nécessitent des infrastructures et des sites de stockage approuvés par la collectivité. En Europe, deux projets de captage et stockage du carbone ont récemment été annulés aux Pays-Bas et en Allemagne à la suite d'un accueil défavorable de la part du public. De plus, le captage et stockage du carbone n'élimine pas d'autres types de pollution qui

2. Voir http://sequestration.mit.edu/tools/projects/index_pilots.html.

.....

résultent de la combustion du charbon, notamment celles qui sont localement responsables de la qualité de l'air. Enfin, point également important, toute fuite de CO₂ depuis les réservoirs anéantirait tous les avantages de la technologie. Bien que les fuites ne semblent pas particulièrement problématiques au vu des tests menés actuellement, les effets à long terme du stockage du carbone ne sont pas encore totalement connus. Le nombre de projets de captage et stockage du carbone devrait doubler d'ici 2020, mais il s'agira essentiellement d'initiatives menées dans le cadre de centrales de démonstration dans un objectif de récupération du pétrole (de Coninck et Benson, 2014).

4. Enjeux et lacunes des politiques

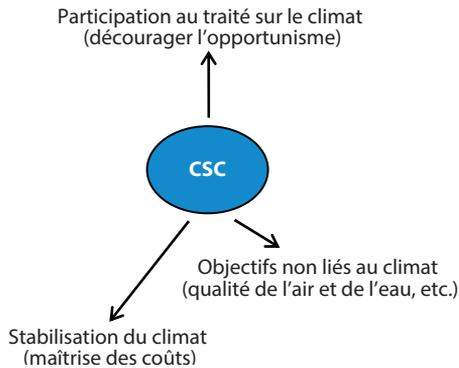
L'écart entre les investissements actuellement dédiés aux technologies sobres en carbone et le montant nécessaire pour amorcer la transition vers des émissions faibles est particulièrement élevé dans le cas de la technologie CSC. Malgré les évolutions récentes des secteurs de l'énergie, le charbon et le gaz restent les premières ressources utilisées pour la production d'électricité (respectivement 40 % et 23 % au niveau mondial), en particulier dans les pays en développement (Steckel *et al.*, 2015). Le développement d'une technologie capable de limiter la quantité de carbone émise par les centrales qui utilisent des combustibles fossiles semble donc particulièrement pertinent, mais il implique une évolution des politiques à plusieurs niveaux. En premier lieu, la technologie n'est pas encore éprouvée à l'échelle requise. Si plusieurs pays ont initié ou annoncé des dispositifs pilotes, des efforts supplémentaires devront être faits pour mener les tests nécessaires à l'identification de la technologie la plus efficace. Grâce à son prix faible, le gaz naturel permet désormais de tester le fonctionnement des technologies CSC de façon plus simple, sans recourir au processus complexe de gazéification requis pour le charbon. Deuxièmement, des efforts de recherche et développement sont nécessaires pour réduire l'écart des coûts entre les centrales qui disposent de la technologie CSC et les centrales traditionnelles. Le coût du captage du carbone semble actuellement avoisiner les 100 dollars par tCO₂, soit un niveau bien supérieur au prix du carbone évoqué dans les politiques. Selon des études menées auprès d'experts, la recherche et le développement pourrait permettre de réduire le coût supplémentaire de la technologie CSC de quelques cents par kWh d'ici 2030 si des mesures incitatives (lire plus bas) visant à encourager l'innovation sont mises en place (Baker *et al.*, 2009). Toutefois, malgré les sommes considérables récemment investies dans la recherche et le développement, les centrales dotées de la technologie CSC n'ont pas fourni les résultats attendus, ce qui montre que de nombreux facteurs conditionnent son efficacité. Il faudrait notamment des politiques climatiques qui intègrent des mesures incitatives économiques adaptées afin d'encourager la séquestration du carbone (même si la technologie CSC se développe sur les plans économique et technologique, sa viabilité et sa compétitivité face aux alternatives nécessiteront invariablement des incitations

économiques importantes). D'autres conditions favorables seront également nécessaires à l'expansion du captage et du stockage du carbone, notamment le soutien public et politique, la confiance des investisseurs et la transparence de la justice procédurale (de Coninck et Benson, 2014).

5. La technologie CSC dans le contexte des négociations sur le climat

Les obstacles de taille décrits plus haut vont être difficiles à surmonter au cours des prochaines années. La technologie CSC risque en effet de ne jamais se concrétiser à l'échelle prévue dans les scénarios de la figure 24.1. Compte tenu de cette incertitude, quel poids faut-il lui accorder dans le cadre du processus de négociation en cours? Nous savons maintenant que les stratégies climatiques ne doivent en aucun cas exclure cette option. Comme le montre la figure 24.2., la technologie CSC est l'un des rares leviers pouvant impliquer les pays dotés de ressources fossiles importantes dans les efforts d'atténuation du changement climatique. Elle permet également de réduire les risques de fuite de carbone générés par l'échange des droits d'émission et par l'accélération de l'extraction des combustibles fossiles visant à anticiper le durcissement de la législation sur le climat. Le principal défi de la politique climatique internationale consiste à mobiliser les pays tout en empêchant l'opportunisme.

Figure 24.2. Les effets de la technologie CSC sur les objectifs des politiques environnementales, représentation schématisée



Remarque : la longueur des flèches représente les avantages potentiels de la technologie CSC pour trois objectifs de politiques.

Si une coalition est constituée avec pour objectif de réduire les émissions, les pays n'en faisant pas partie seront tentés financièrement d'accroître leur consommation d'énergies fossiles (voir également la contribution de Fischer au présent ouvrage). L'achat de réserves de combustibles fossiles dans les pays non participants permettrait de résoudre ce problème, comme l'a récemment

décrit Harstad (2012). Cependant, cela nécessiterait des efforts politiques importants et aurait des implications financières non négligeables³. La technologie CSC offre la possibilité de parvenir à un résultat identique avec de meilleures chances de réussite. Dans cette optique, un accord technologique visant à développer et commercialiser le captage et stockage du carbone dans les principaux pays dotés de ressources fossiles importantes (en particulier le charbon) enrichirait les accords sur le climat, lesquels sont actuellement axés sur la demande de quotas d'émission. Des investissements en recherche et développement consacrés à la réduction du coût actuellement élevé de la technologie CSC seraient également nécessaires pour impliquer les pays où les ressources fossiles abondent, et ainsi décourager l'opportunisme.

Pour résumer, la technologie CSC ne se traduirait pas par des avantages importants en dehors du domaine climatique. Elle reste toutefois une option de poids pour les responsables des politiques climatiques, tant pour encourager la participation à un traité sur le climat que pour honorer l'objectif de stabilisation du climat à un coût social réduit au minimum.

Références

- AZAR C., JOHANSSON D.J.A. et MATTSSON N., 2013, « Meeting Global Temperature Targets – the Role of Bioenergy with Carbon Capture and Storage », *Environmental Research Letters* 8 (3).
- BAKER E., CHON H. et KEISLER J., 2009, « Carbon Capture and Storage: Combining Economic Analysis with Expert Elicitations to Inform Climate Policy », *Climatic Change* 96 (3), p. 379-408.
- DE CONINCK H. et BENSON S.M., 2014, « Carbon Dioxide Capture and Storage: Issues and Prospects », *Annual Review of Environment and Resources* 39 (1), p. 243-270.
- FUSS S., CANADELL J.G., PETERS G.P., TAVONI M., ANDREW R. M., CIAIS P., JACKSON R.B. *et al.*, 2014, « Betting on Negative Emissions », *Nature Climate Change* 4 (10), p. 850-853.
- HARSTAD B., 2012, « Buy Coal! A Case for Supply-Side Environmental Policy », *Journal of Political Economy* 120 (1), p. 77-115.
- GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- KRIEGLER E. *et al.*, 2014, « The Role of Technology for Achieving Climate Policy Objectives: Overview of the EMF 27 Study on Global Technology and Climate Policy Strategies », *Climatic Change* 123 (3-4), p. 353-367.
- ROGNER H.H. *et al.*, 2012, « Energy Resources and Potentials » in *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*, Cambridge, Royaume-Uni; New York, États-Unis, Cambridge University Press; Laxenburg, Autriche,

3. Voir le chapitre 29 de ce volume par Paul Collier: *Réduire les émissions de carbone sans freiner le développement*.

International Institute for Applied Systems Analysis, p. 423-512 (disponible en anglais à l'adresse : www.globalenergyassessment.org).

- STECKEL J.C., EDENHOFER O. et JAKOB M., 2015, « Drivers for the Renaissance of Coal », *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (29), E3775–E3781.
- TAVONI M., DE CIAN E., LUDERER G., STECKEL J. et WAISMAN H., 2012, « The Value of Technology and of Its Evolution towards a Low Carbon Economy », *Climatic Change* 114 (1), p. 39-57.
- TAVONI M. et SOCOLOW R., 2013, « Modeling Meets Science and Technology: An Introduction to a Special Issue on Negative Emissions », *Climatic Change* 118 (1), p. 1-14.

Chapitre 25

Réduction des émissions ou géo-ingénierie solaire et du carbone ?

Scott Barrett et Juan Moreno-Cruz

Depuis des siècles, l'homme extrait du charbon du sous-sol et le rejette dans l'atmosphère. Une partie des émissions de carbone est absorbée par la biosphère terrestre et les océans, le reste s'accumule dans l'atmosphère, où il peut demeurer des milliers d'années. La fraction absorbée par les mers est responsable de l'acidification des océans et de la disparition des coraux. Celle absorbée par la biosphère terrestre accroît la productivité primaire nette et altère la composition chimique des sols. La partie accumulée dans l'atmosphère entraîne la hausse des températures mondiales et modifie la configuration des précipitations, provoquant des sécheresses et l'élévation du niveau de la mer.

Pour limiter les effets négatifs du changement climatique, nous avons le choix entre quatre approches : réduire les émissions, à savoir limiter le volume de CO_2 que nous rejetons dans l'atmosphère (par rapport aux niveaux actuels) ; atténuer les conséquences du changement climatique par le biais de l'adaptation ; réduire la concentration ou le stock de CO_2 dans l'atmosphère en l'éliminant directement via la géo-ingénierie du carbone ; enfin, réduire les températures en bloquant le rayonnement solaire incident au moyen de la géo-ingénierie solaire.

Le présent chapitre s'intéresse à la géo-ingénierie solaire et à la géo-ingénierie du carbone. Il compare ces deux approches avec la principale méthode de lutte contre le changement climatique, à savoir la réduction des émissions, et étudie leur interaction avec cette dernière. L'échec de la réduction des émissions étant susceptible de se poursuivre, il compare également l'utilisation des deux géo-technologies à l'éventualité d'un changement climatique non maîtrisé.

1. Comparaison des différentes approches

La réduction des émissions est le moyen de lutte contre le changement climatique le plus simple. Elle se limite à ne pas rejeter dans l'atmosphère des substances qui ne s'y trouvent pas naturellement.

Pour réduire leurs émissions, les pays doivent soit empêcher le CO_2 associé à la combustion de combustibles fossiles de pénétrer dans l'atmosphère, un

processus dénommé captage et stockage du carbone (CSC), soit réduire leur consommation de combustibles fossiles. La première option peut s'avérer onéreuse et se heurter à la résistance des élus locaux préoccupés par les problèmes de sécurité liés au stockage du CO₂¹. La consommation de combustibles fossiles peut initialement être réduite pour un coût marginal relativement bas en augmentant l'efficacité énergétique (la conservation) ou en adoptant des sources énergétiques de remplacement comme l'énergie solaire, éolienne et nucléaire. Cependant, afin de limiter l'augmentation des températures moyennes mondiales, la concentration atmosphérique de CO₂ doit se stabiliser à terme, ce qui signifie l'abandon complet de la consommation de combustibles fossiles, et un changement radical du système énergétique mondial. Étant donné qu'il est très difficile d'appliquer un accord sur la limitation des émissions, des problèmes d'opportunisme apparaîtront. Enfin, attendu que les efforts de stabilisation des concentrations de CO₂ affecteront les coûts de production et le prix des combustibles fossiles sur les marchés mondiaux, ils risquent de provoquer des « fuites de carbone »².

La géo-ingénierie du carbone consiste à capter et à éliminer le CO₂ de l'air ambiant, c'est-à-dire à réduire *directement* sa concentration dans l'atmosphère. Comme la réduction des émissions, son action sur les températures est lente; elle ne constitue donc pas une solution miracle. Elle se distingue cependant de la réduction des émissions par son coût vraisemblablement supérieur, et par sa capacité à être déployée à plus grande échelle afin de limiter les concentrations atmosphériques à pratiquement n'importe quel niveau, ce qui en fait la seule technologie capable de freiner le changement climatique. La géo-ingénierie du carbone permet en outre à un pays ou à une petite « coalition de volontaires » de stabiliser les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère de manière unilatérale; elle ne requiert pas une coopération internationale à grande échelle et est moins vulnérable à l'opportunisme que la réduction des émissions³. Par ailleurs, étant indépendante du système d'échange international des droits d'émission, elle est à l'abri des fuites de carbone.

La géo-ingénierie solaire consiste à renvoyer dans l'espace une petite fraction du rayonnement solaire incident afin de contrebalancer l'effet des concentrations croissantes de gaz à effet de serre sur les températures. Elle peut réduire rapidement les températures moyennes mondiales pour un coût relativement bas, mais peut avoir des incidences sur le forçage radiatif différentes de celles des méthodes de réduction de la concentration des gaz à effet de serre. Elle est en outre incapable de limiter l'acidification des océans. Si la

1. Voir le chapitre 24 de ce volume par M. Tavoni: *Le captage et stockage du carbone: rêve ou réalité?*

2. Voir le chapitre 21 de ce volume par C. Fischer: *Options pour éviter les fuites de carbone.*

3. Le coût marginal du captage dans l'air restera globalement constant. Tant que le coût social du carbone à l'échelle mondiale restera supérieur au coût marginal du captage dans l'air, le financement de cette technologie nécessitera la collaboration d'un groupe de pays, qui serait auto-exécutoire; en effet, si plusieurs pays quittent le groupe, les pays restants n'auront plus l'incitation collective nécessaire pour financer la technologie unilatéralement. Tous les pays sont ainsi incités à rester dans le groupe. En d'autres termes, seule une *coordination* du financement du captage dans l'air est nécessaire.

géo-ingénierie solaire constitue une solution rapide pour réduire les températures moyennes mondiales, elle ne peut cependant pas résoudre le problème global du changement climatique (Barrett *et al.*, 2014). Qui plus est, elle est susceptible d'avoir des effets secondaires néfastes. À l'instar de la géo-ingénierie du carbone, elle peut résulter d'une initiative unilatérale ou être le fruit d'une coalition de volontaires, et n'est pas entravée par l'échange de droits d'émission. Son déploiement semble en revanche plus économique.

Ensemble, ces deux géo-technologies fournissent un cadre solide sur lequel doit s'appuyer notre réflexion sur la politique et la gouvernance climatiques. La réduction des émissions repose sur un changement de comportement à l'échelle mondiale et cet objectif, en dépit d'une attention diplomatique sans précédent, semble cependant être hors de notre portée. Généralement, le changement climatique non maîtrisé semble faire figure d'option « par défaut », mais comme le montre le tableau 25.1., d'autres possibilités sont envisageables. La principale différence entre les deux géo-technologies et la réduction des émissions est que les deux premières peuvent être mises en place dans le cadre de projets. Elles doivent faire l'objet d'une décision et être dotées d'un budget, mais elles n'imposent aucun changement de comportement ni aucune modification du système énergétique.

Tableau 25.1. Comparaison des différentes méthodes de lutte contre le changement climatique

Méthode	Objectif	Coût	Risques	Incertitudes	Action collective
Changement climatique non maîtrisé	Résultat non voulu de l'incapacité à limiter les émissions	Faible	Élevés	Multiples	Non aboutie
Réduction substantielle des émissions	Réduire le niveau de CO ₂ rejeté dans l'atmosphère	Élevé	Faibles	Aucune	Difficile
Géo-ingénierie du carbone	Réduire la concentration de CO ₂ dans l'atmosphère	Très élevé	Modérés	Rares	Coalition de volontaires
Géo-ingénierie solaire	Limiter le rayonnement solaire atteignant la basse atmosphère	Faible	Élevés	Multiples	Facile, à l'exception de la gouvernance

Les options que présente le tableau 25.1. ne s'excluent pas mutuellement. Plus nous réussirons à réduire les émissions, moins nous aurons besoin de recourir à la géo-ingénierie du carbone. Plus ces deux options seront efficaces, moins l'utilisation de la géo-ingénierie solaire sera tentante. Au niveau fondamental, toutes ces options sont des solutions de remplacement imparfaites car elles agissent à différents stades du cycle du carbone/climat. Du point de vue de la réduction du risque lié au changement climatique, il serait judicieux de mettre

en œuvre toutes ces technologies dans le cadre d'un portefeuille d'options (Keith, 2013; Moreno-Cruz et Keith, 2013). Ainsi, la géo-ingénierie solaire pourrait contribuer à limiter l'augmentation des températures tandis que l'association de la réduction des émissions et de la géo-ingénierie du carbone limiterait les concentrations à un niveau « sûr ». Dans ce scénario, la géo-ingénierie solaire permettrait d'atténuer les risques liés au changement climatique, et les autres interventions limiteraient les risques liés à la géo-ingénierie solaire.

2. La logique économique de la géo-ingénierie solaire et de la géo-ingénierie du carbone

Plusieurs méthodes ont été proposées pour éliminer le CO₂ de l'atmosphère. Dans son dernier « Résumé à l'intention des décideurs », le GIEC met en exergue le captage et le stockage du CO₂ issu de la biomasse terrestre. Cette méthode, qui ressemble au captage et au stockage du carbone au niveau des centrales électriques, présente la particularité d'utiliser une ressource renouvelable (la biomasse), qui en augmentant extrait le CO₂ de l'atmosphère. Dans l'éventualité où le CO₂ dégagé par la combustion de la biomasse n'est pas capté, il est essentiellement recyclé par les arbres. Cependant, si le CO₂ émis par la combustion de la biomasse est capté et stocké, il disparaîtra de l'atmosphère. Cette approche est sans doute efficace, mais ne peut en aucun cas être mise en œuvre à grande échelle. La fertilisation des océans et l'augmentation de leur alcalinité figurent parmi les autres options envisagées. Cependant, toutes ces technologies relèvent de la spéculation, présentent des risques pour l'environnement, ou ont un champ d'action limité.

La principale technologie de géo-ingénierie du carbone est le captage industriel de l'air, un processus selon lequel un adsorbant chimique, par exemple un liquide alcalin, est exposé à l'air et extrait le CO₂. Elle implique donc à la fois de capter et stocker le CO₂, et de recycler l'adsorbant. Cette option n'est efficace que si elle a recours à une énergie non émettrice de carbone, ce qui risque d'être onéreux. D'après les estimations, le coût de cette technique varie de 30 dollars/tCO₂ (Lackner et Sachs, 2005) à plus de 600 dollars/tCO₂ (Socolow *et al.*, 2011).

Compte tenu des estimations actuelles et des projections concernant le coût social du carbone (qui ne tiennent compte d'aucune géo-technologie), si le coût du captage industriel dans l'air s'élève à 600 dollars/tCO₂, il est improbable que cette approche soit déployée sur une échelle significative. Si, en revanche, son coût est inférieur à 200 dollars/tCO₂, il est possible qu'elle soit mise en œuvre à grande échelle au cours de ce siècle. Si cette technologie coûte moins de 30 dollars/tCO₂, elle est susceptible de changer la donne. En effet, au niveau mondial, le coût social du carbone se situe déjà certainement au-dessus de ce montant. Considérés de manière individuelle, les pays font actuellement face à un coût social du carbone nettement inférieur à 30 dollars/tCO₂, et ne sont par conséquent pas susceptibles de déployer unilatéralement

à grande échelle des machines destinées au captage dans l'air dans un futur proche. Cependant, une coalition de pays peut trouver un intérêt à franchir le pas. Il est évidemment également souhaitable que la réduction des émissions soit assortie d'un coût marginal inférieur à celui du captage dans l'air; néanmoins, si cette réduction ne devait pas se produire, le captage dans l'air n'en resterait pas moins bénéfique. Qui plus est, l'échelle de la mise en œuvre du captage dans l'air étant indépendante des émissions des pays concernés, il suffirait d'une « coalition de volontaires » pour stabiliser les concentrations. Malheureusement, nous ne connaissons pas la valeur réelle du coût marginal du captage dans l'air car pratiquement aucune recherche n'a été consacrée au développement de cette technologie. Nous estimons que cette lacune doit impérativement être comblée. En effet, la communauté internationale doit savoir quel est le coût marginal de la seule technologie capable d'atténuer le changement climatique, afin de pouvoir déterminer le prix plafond du carbone.

Certaines options de géo-ingénierie solaire, comme le placement de disques réfléchissants dans l'espace, sont si onéreuses et représentent un tel défi technique qu'il est pratiquement certain qu'elles ne seront jamais mises en œuvre. D'autres, comme l'injection d'aérosols sulfatés dans la stratosphère, sont si économiques que leur coût n'entrera vraisemblablement pas en considération dans leur choix. Un rapport récent avance que la modification du forçage radiatif par une valeur à peu près équivalente à la croissance du forçage des gaz à effet de serre prévue au cours des cinquante prochaines années coûtera moins de 8 milliards de dollars par an (McClellan *et al.*, 2012). Ce coût est si faible que la logique économique de la géo-ingénierie solaire semble réellement « incroyable » (Barrett, 2008). De fait, un grand nombre de pays pourraient avoir tout intérêt à déployer cette technique de manière unilatérale.

En revanche, le « coût » des risques que soulève cette technologie peut constituer un facteur décisif. Certains risques sont connus, comme la possibilité d'accentuer la destruction de la couche d'ozone (Crutzen, 2006), mais il en existe certainement d'autres qui ne le sont pas. Les recherches portant sur cette technologie éclaireront son efficacité et son fonctionnement (Keith *et al.*, 2010, Keith, 2013). Cependant, nous ne connaissons pleinement les effets de son déploiement à grande échelle qu'une fois mise en place.

3. La gouvernance de la géo-ingénierie

Certains craignent que les pays s'empressent de recourir à la géo-ingénierie solaire du fait de son grand attrait économique. Du simple point de vue de la théorie des jeux, si un acteur peut l'utiliser, elle est alors à la portée de tous. Le pays le plus susceptible de l'utiliser sera celui qui souhaitera le plus ardemment modifier les températures moyennes mondiales (Weitzman, 2012; Moreno-Cruz, 2015). En d'autres termes, la géo-ingénierie solaire introduit la possibilité d'initiatives autonomes, à l'inverse de la réduction des émissions, qui entraîne l'opportunisme. Des politiques sont nécessaires pour contrôler les acteurs qui

comptent avoir recours à l'ingénierie climatique de manière autonome sans égard pour les intérêts de l'ensemble de la communauté mondiale.

Cela suppose toutefois que les pays ont le *droit* d'utiliser la géo-ingénierie solaire à leur guise; le droit international contraint généralement les pays à tenir dûment compte des effets que leurs actions peuvent avoir sur autrui. Qui plus est, l'utilisation unilatérale de la géo-ingénierie est susceptible de susciter une réaction de la part d'autres pays, qui peuvent mettre en place une « contre géo-ingénierie solaire », en lançant des particules dans la stratosphère afin de réchauffer la Terre au lieu de la refroidir, ou en émettant des gaz à effet de serre puissants et à courte durée de vie, comme le difluorométhane, qui auraient un effet comparable. Il est plus probable qu'ils aient recours à d'autres mesures comme les sanctions commerciales, voire la menace d'une action militaire, mais il est sans doute plus réaliste de supposer que les pays seront contraints de négocier l'utilisation de la géo-ingénierie. Dans la situation actuelle, cependant, aucune règle ne détermine quand, comment et si la géo-ingénierie sera déployée, ni quels pays exerceront un pouvoir décisionnel. Si ces questions ne font pas l'objet de négociations, ou si elles ne sont pas résolues, nous courrons le risque que les pays s'estiment en droit d'agir plus ou moins librement⁴.

En ce qui concerne la géo-ingénierie du carbone, elle peut également être mise en œuvre de manière unilatérale, mais compte tenu de son coût probablement élevé, elle ne sera sans doute adoptée à grande échelle que par une importante coalition de pays. De plus, elle s'attaque à la cause profonde du changement climatique et, par conséquent, soulève moins de risques que la géo-ingénierie solaire. Ces deux aspects expliquent que la gouvernance de la géo-ingénierie du carbone ne constitue pas une préoccupation majeure. Si cette technologie était déployée à grande échelle, il conviendrait de déterminer le niveau souhaité de concentrations atmosphériques, une décision qui diffère peu de celle que les pays ont déjà prise afin de réduire leurs émissions et de limiter l'évolution des températures moyennes mondiales. Dans cette hypothèse, les pays devraient également se mettre d'accord sur le partage des coûts substantiels de la géo-ingénierie du carbone. Cela ne devrait cependant pas poser de problème, attendu qu'ils sont habitués à négocier le partage des coûts des initiatives onéreuses. Ainsi, tous les trois ans, plus de 190 pays conviennent du financement des Nations Unies (Barrett, 2007).

Conclusions

L'impossibilité de limiter les émissions a mis l'adaptation à l'ordre du jour des négociations sur le climat, et nous pensons que le moment est venu d'aborder également le rôle que la géo-ingénierie solaire et la géo-ingénierie du carbone

4. Les analyses portant sur la gouvernance de la géo-ingénierie solaire n'en sont qu'à leurs débuts. Voir Schelling (1996), Barrett (2008, 2014), Victor (2008), Weitzman (2012), Ricke *et al.* (2013) et Lloyd et Oppenheimer (2014).

sont susceptibles de jouer dans la lutte contre le changement climatique. Si l'objectif des 2 °C est réellement incontournable, il semble déraisonnable d'ignorer les approches susceptibles de limiter directement l'évolution des températures ou des concentrations. D'autant plus que les analyses du GIEC suggèrent que ce niveau cible sera très probablement dépassé même si les efforts visant à réduire les émissions venaient à être couronnés de succès. Si les tentatives de réduction des émissions continuent à échouer, la prise en compte de ces nouvelles approches s'imposera de plus en plus.

La décision d'utiliser ou non la géo-ingénierie solaire et la géo-ingénierie du carbone aura des conséquences, qui doivent être évaluées afin de pouvoir justifier les décisions pertinentes.

En premier lieu, un financement collectif doit être consacré à la recherche et au développement afin de déterminer le coût et les risques liés à la géo-ingénierie du carbone. Si le coût réel de cette approche atteint 600 dollars/tCO₂, elle ne sera pas envisageable pendant ce siècle; en revanche, s'il s'approche de 30 dollars/tCO₂, elle changera la donne.

En deuxième lieu, un financement collectif doit également être consacré à la recherche et au développement afin de déterminer la faisabilité, l'efficacité et les risques liés à la géo-ingénierie solaire. Il est tout aussi important que les pays discutent de la gouvernance de ce type de recherche et de la possibilité de la mettre en œuvre à l'avenir (la distinction entre recherche et mise en œuvre peut ne pas toujours être évidente). Si ces mises au point n'ont pas lieu, les pays pourront se sentir libres d'agir plus ou moins sans restriction. Une attention particulière doit être accordée à l'obtention d'un consensus sur ces points, car des règles trop restrictives peuvent inciter les pays les plus enclins à recourir à la géo-ingénierie à ne pas les accepter et à agir de leur propre chef.

Références

- BARRETT S., 2007, *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*, Oxford, Oxford University Press.
- BARRETT S., 2008, « The Incredible Economics of Geoengineering », *Environmental and Resource Economics* 39 (1), p. 45-54.
- BARRETT S., 2014, « Solar Geoengineering's Brave New World: Thoughts on the Governance of an Unprecedented Technology », *Review of Environmental Economics and Policy* 8 (2), p. 249-269.
- BARRETT S. *et al.*, 2014, « Climate Engineering Reconsidered », *Nature Climate Change* 4, p. 527-529.
- CRUTZEN P.J., 2006, « Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? », *Climatic Change* 77 (3-4), p. 211-219.
- GIEC, 2012, « Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering » (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).

-
- GIEC, 2014, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - KEITH D.W., 2013, *A Case for Climate Engineering*, Boston Review Books, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
 - KEITH D.W., PARSONS E. et MORGAN M.G., 2010, « Research on Global Sun Block Needed Now », *Nature* 463, p. 426-427.
 - LACKNER K.S. et SACHS J.D., 2005, « A Robust Strategy for Sustainable Energy », *Brookings Papers on Economic Activity* 2, p. 215-284.
 - LLOYD I.D. et OPPENHEIMER M., 2014, « On the Design of an International Governance Framework for Geoengineering », *Global Environmental Politics* 14 (2), p. 45-63.
 - MCCLELLAN J., KEITH D.W. et APT J., 2012, « Cost analysis of stratospheric albedo modification delivery systems », *Environmental Research Letters* 7 (3).
 - MCNUTT M.K. *et al.*, 2015a, *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*, National Academies Press, Washington DC.
 - MCNUTT M.K. *et al.*, 2015b, *Climate Intervention: Reflecting Sunlight to Cool Earth*, National Academies Press, Washington DC.
 - MORENO-CRUZ J.B. et KEITH D.W., « Climate Policy under Uncertainty: A Case for Geoengineering », *Climatic Change* 121 (3), p. 431-444.
 - MORENO-CRUZ J.B., « Mitigation and the Geoengineering Threat », *Resource and Energy Economics* 41, p. 248-263.
 - RICKE K. L., MORENO-CRUZ J. B. et CALDEIRA K., 2013, « Strategic Incentives for Climate Geoengineering Coalitions to Exclude Broad Participation », *Environmental Research Letters* 8 (1).
 - SCHELLING T.C., 1996, « The Economic Diplomacy of Geoengineering », *Climatic Change* 33 (3), p. 303-307.
 - SHEPHERD J., CALDEIRA K., HAIGH J., KEITH D., LAUNDER B., MACE G., MACKERRON G., PYLE J., RAYNER S., REDGWELL C. et WATSON A., 2009, *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, Londres, The Royal Academy.
 - SOCOLOW R. *et al.*, 2011, *Direct Air Capture of CO₂ with Chemicals: A Technology Assessment for the APS Panel on Public Affairs*, American Physical Society, Ridge, NY, (disponible en anglais à l'adresse: <http://www.aps.org/policy/reports/assessments/upload/dac2011.pdf>).
 - VICTOR D.G., 2008, « On the Regulation of Geoengineering », *Oxford Review of Economic Policy* 24 (2), p. 322-336.
 - WEITZMAN M., 2012, « A Voting Architecture for the Governance of Free-Driver Externalities with Application to Geoengineering », *The Scandinavian Journal of Economics*.

PARTIE VI

RÉPARTITION DE LA CHARGE ET DÉVELOPPEMENT

Chapitre 26

Changement climatique et pauvreté : catastrophes naturelles, incidences agricoles, problèmes sanitaires

Stephane Hallegatte, Mook Bangalore, Laura Bonzanigo, Marianne Fay, Tamaro Kane, Ulf Narloch, Julie Rozenberg, David Treguer, Adrien Vogt-Schilb

La communauté internationale poursuit l'objectif d'éradiquer l'extrême pauvreté une fois pour toutes. Le présent chapitre s'interroge sur la contrainte que constitue le changement climatique pour ce défi. Il analyse les effets des chocs liés au changement climatique – à savoir, les catastrophes naturelles, les incidences sur l'agriculture et les problèmes de santé – sur les ménages exposés au risque de pauvreté, et examine les nombreuses options politiques permettant de réduire les risques et la vulnérabilité des populations pauvres. Il conclut sur une série de recommandations pour parvenir à un développement résilient et sobre en carbone.

1. Face aux effets du changement climatique, doit-on lutter davantage contre la pauvreté et moins se préoccuper du PIB ?

Les estimations du coût économique du changement climatique ont toujours suscité l'intérêt et le débat parmi les décideurs et le grand public. Cependant, elles analysent généralement les effets du changement climatique sur les PIB nationaux ou mondiaux sans tenir compte de ses pleins effets sur le bien-être des populations.

Ainsi, elles ne reflètent pas la distribution des effets du changement climatique, c'est-à-dire quels pays, régions et personnes seront affectés. Pourtant cette répartition détermine les incidences sur le bien-être. L'Amérique du Nord, l'Asie de l'Est et l'Europe comptent pour les trois quarts des revenus mondiaux ; les autres régions viennent loin derrière, en particulier l'Afrique subsaharienne qui ne génère que 2 % des revenus mondiaux (Banque mondiale, 2015). Par conséquent, il importe de connaître l'incidence du changement climatique sur les PIB nationaux.

Un autre facteur important est la forte hétérogénéité des effets climatiques au sein des pays. S'ils affectent principalement les personnes à faible revenu, les répercussions sur le bien-être seront plus étendues que si le fardeau repose en

grande partie sur ceux qui ont un revenu plus élevé. Les populations pauvres ont moins de capacité d'adaptation et de ressources sur lesquelles s'appuyer. En outre, leurs actifs et leurs revenus représentant une infime partie de la richesse nationale, les pertes qu'ils subissent, même si elles sont importantes, demeurent largement invisibles dans les statistiques économiques agrégées.

Pour comprendre les effets du changement climatique sur les plus démunis et la pauvreté, il convient de suivre une approche différente, axée sur les acteurs mineurs de l'économie qui subsistent souvent à grand-peine. Le présent chapitre s'appuie sur les résultats préliminaires d'un programme de recherche de la Banque mondiale qui porte sur le changement climatique et la pauvreté et adopte cette approche. L'idée de départ est que la pauvreté n'est pas statique et que la réduction de la pauvreté n'est pas un processus à sens unique et monotone (Hallegatte *et al.*, 2014). Au fil du temps, certaines personnes se constituent un capital et sortent de la pauvreté, tandis que d'autres subissent des chocs et s'enlisent dans le dénuement (sauf indication contraire, les personnes pauvres se définissent comme celles qui vivent avec moins de 1,25 dollar US par jour en parité de pouvoir d'achat). Ce que nous appelons réduction de la pauvreté est le résultat net de ces mécanismes. Une étude menée pendant 25 ans qui traite de la dynamique de la pauvreté dans 36 communautés de l'Andhra Pradesh, en Inde, révèle que chaque année, 14 % des ménages en moyenne sortent de la pauvreté, tandis que 12 % des ménages non pauvres y sombrent, soit une réduction annuelle de la pauvreté de 2 % (Krishna, 2006). Ces données montrent qu'un changement relativement minime des flux d'entrée et de sortie de la pauvreté a une incidence significative sur la dynamique globale de la pauvreté. Ainsi, une augmentation de 10 % du flux d'entrée suffit à diminuer de moitié le taux de réduction de la pauvreté.

Le changement climatique peut affecter le flux de personnes basculant dans la pauvreté. Dans l'exemple précédent, la sécheresse joue à cet égard un rôle majeur – un ménage ayant déjà été confronté à une sécheresse est 15 fois plus susceptible de devenir pauvre (Krishna, 2006). Les sécheresses peuvent également faire sombrer dans la spirale de la pauvreté les personnes perdant des actifs. Elles affectent souvent le capital humain, en particulier les enfants qui sont déscolarisés ou souffrent de problèmes de santé permanents (Carter *et al.*, 2007). La menace d'une sécheresse suffit parfois à inciter les personnes pauvres à investir dans des activités à faible risque et à faible rendement, perpétuant ainsi le cycle de la pauvreté (Elbers *et al.*, 2007). Par conséquent, si le changement climatique a une incidence sur la fréquence et l'intensité des sécheresses, il peut entraver la réduction de la pauvreté, accroître le nombre de personnes basculant dans la pauvreté et empêcher un nombre plus élevé d'y échapper.

Mais les sécheresses et les catastrophes naturelles ne sont pas les seuls facteurs sensibles au climat qui affectent les flux d'entrée et de sortie de la pauvreté. Les revenus agricoles et le prix des denrées alimentaires sont également importants, ainsi que les problèmes de santé. Dans les sections suivantes, nous nous penchons sur les principaux vecteurs d'influence liés au changement climatique altérant la dynamique de la pauvreté : les catastrophes naturelles,

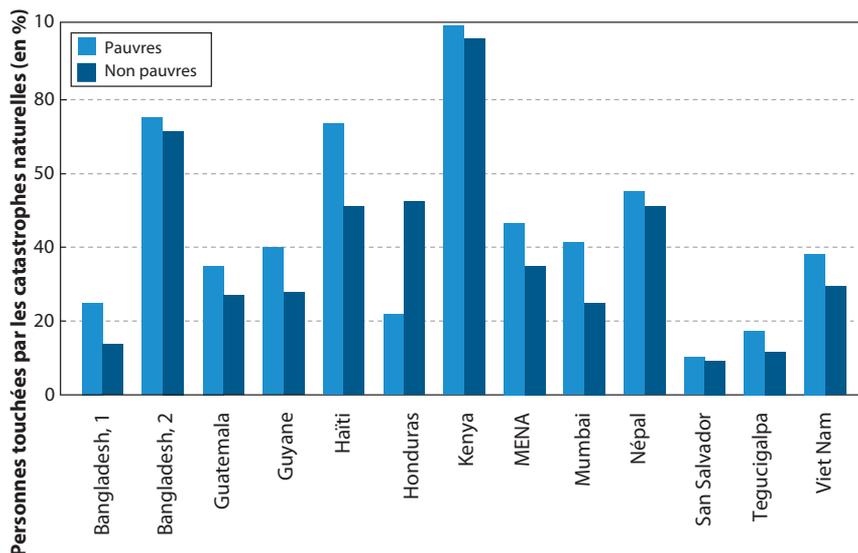
l'agriculture et la santé. S'il est évident que de nombreux autres facteurs sont à prendre en compte, ceux-ci ont des effets bien connus sur les populations pauvres et sur la réduction de la pauvreté, et ne manqueront pas d'être affectés par le changement climatique à venir.

2. Les effets des catastrophes naturelles

Dans certaines régions, le changement climatique accroîtra la fréquence ou l'intensité des catastrophes naturelles, telles que les inondations, les sécheresses et les températures extrêmes, qui constituent une grave menace pour les populations pauvres compte tenu de leur exposition, de leur vulnérabilité et de leur manque de capacité d'adaptation.

En ce qui concerne l'exposition, les personnes pauvres vivent souvent dans des zones à risque. La plupart des études de cas consacrées à l'exposition aux risques de catastrophe des populations pauvres et non pauvres révèlent une surexposition des personnes démunies (figure 26.1.). Par exemple, lors des graves inondations survenues dans le bassin du fleuve Shire au Malawi en janvier 2015, les zones les plus exposées étaient également les plus pauvres (Winsemius *et al.*, 2015).

Figure 26.1. À une seule exception près, toutes les études sur l'exposition aux catastrophes naturelles des populations pauvres et non pauvres concluent à une surexposition des plus démunis.



Source: Winsemius *et al.*, 2015.

Le lien entre pauvreté et exposition aux risques est néanmoins complexe. La causalité est bidirectionnelle : les personnes pauvres s'installent parfois dans des zones à risque où les terres sont disponibles et abordables ; le fait de vivre dans ces zones peut contribuer à l'appauvrissement des personnes qui perdent leurs moyens de subsistance et leurs actifs suite à une catastrophe naturelle. Cependant, les pauvres ne sont pas toujours les plus exposés : ainsi, les coûts de transport réduits dans les régions côtières et fluviales sujettes aux inondations attirent les entreprises et les plus riches, et offrent des débouchés. Dans ce cas de figure, les personnes aisées peuvent être les plus exposées. Les analyses approfondies ne constatent aucune surexposition systématique des populations pauvres à l'échelle nationale, mais il n'en reste pas moins qu'elles sont souvent les plus exposées à l'échelle municipale ou régionale (Winsemius *et al.*, 2015).

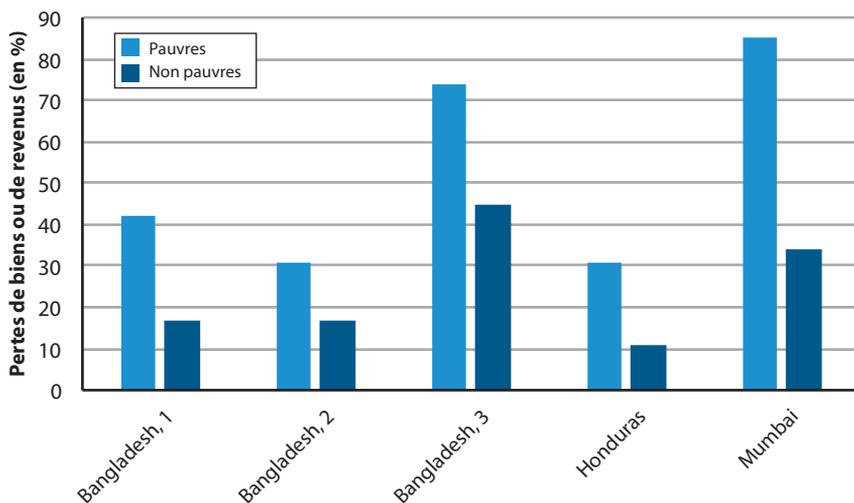
S'ils ne sont pas systématiquement surexposés aux risques de catastrophe, les pauvres sont incontestablement plus vulnérables. Cela est dû au fait que leurs actifs sont généralement matériels et fragiles (contrairement à l'épargne financière), que leur logement est de piètre qualité (à l'instar des taudis) et que leurs infrastructures sont défailtantes (comme les rues non pavées). Les rares études comparant les pertes d'actifs et de revenus chez les pauvres et les non-pauvres à la suite d'inondations et de tempêtes révèlent des pertes plus importantes chez les premiers (figure 26.2.). En ce qui concerne les sécheresses, les personnes démunies y sont plus vulnérables, car leurs revenus sont principalement tributaires de l'agriculture (voir section 3). À l'avenir, ces vulnérabilités évolueront en fonction de la proportion variable d'agriculteurs et de la réduction de l'écart séparant les pauvres et les non-pauvres (en ce qui concerne la qualité des constructions et l'accès aux infrastructures par exemple).

Les pauvres ayant en outre un accès limité à la protection sociale, leur vulnérabilité s'accroît après une catastrophe. Dans tous les pays, on constate qu'ils bénéficient de transferts (liés à la protection sociale et aux marchés du travail) beaucoup moins importants (ASPIRE, 2015). Ainsi, en Colombie, les 20 % les plus démunis reçoivent en moyenne 0,23 dollar US par personne et par jour contre 4,60 dollars pour les 20 % les plus riches. Même après les catastrophes, les dispositifs compensatoires ponctuels ne ciblent pas les pauvres, comme le prouve l'exemple des inondations survenues à Mumbai en 2005 (Patankar, 2015) et à Bangkok en 2011 (Noy et Patel, 2014). Les ménages pauvres recevant moins de transferts sociaux et disposant d'épargnes réduites, leur consommation est plus tributaire de leurs revenus professionnels, d'où leur vulnérabilité accrue aux chocs et aux jours de travail perdus (comme nous le verrons dans la section 4, leur incapacité à ajuster leur consommation peut aller jusqu'à entraîner des problèmes de santé évitables).

Par conséquent, il n'est pas surprenant que les effets des catastrophes naturelles sur la pauvreté soient bien documentés (Karim et Noy, 2014). Ainsi, au Mexique, on a constaté à l'échelle municipale une augmentation de la pauvreté, due aux inondations et aux sécheresses, allant de 1,5 % à 3,7 % entre 2000 et 2005 (Rodriguez-Oreggia *et al.*, 2013). En outre, les catastrophes entraînent souvent une baisse de la consommation alimentaire chez les enfants, une inter-

ruption de la scolarité et des handicaps à vie comme un retard de croissance et une capacité de subsistance réduite (Alderman *et al.*, 2006).

Figure 26.2. Les pauvres perdent généralement un pourcentage plus élevé d’actifs ou de revenus après une inondation ou une tempête.



Sources : d’après Brouwer *et al.*, 2007, pour le Bangladesh (1) ; Akter et Mallick, 2013, pour le Bangladesh (2) ; del Ninno *et al.*, 2001, pour le Bangladesh (3) ; Rabbani *et al.*, 2013, pour le Bangladesh (4) ; Carter *et al.*, 2007, pour le Honduras ; Patankar et Patwardhan, 2014, pour Mumbai.

Si l’on ne tient compte que des effets réels des catastrophes, on risque de sous-estimer l’incidence de la notion de risque sur le développement et la pauvreté. En amont, l’existence d’un risque climatique non assuré incite les ménages pauvres à réaliser des activités à faible risque et à faible rendement, perpétuant ainsi le cycle de la pauvreté. Cet effet préalable, peu visible, peut s’avérer plus important que les effets des catastrophes (Elbers *et al.*, 2007). Si des progrès ont été accomplis ces dernières années, de nombreux pauvres sont toujours privés d’assurance et leur inclusion financière est plus réduite que celle des non-pauvres (FINDEX, 2015).

Dans certaines régions, le changement climatique aggravera la fréquence et l’intensité des catastrophes naturelles (GIEC, 2014), mais ses effets futurs dépendront également des politiques et des interventions de gestion des risques. La planification de l’utilisation des terres, notamment dans les villes en expansion, est cruciale pour garantir la résilience du nouveau mode de développement et son adaptation au changement climatique (Hallegatte *et al.*, 2013). Les systèmes d’alerte précoce, des mesures de protection contre les inondations renforcées et adaptées à l’écosystème, la préservation des nappes phréatiques, et des constructions de bâtiments de meilleure qualité pour les pauvres sont autant de politiques susceptibles de sauver des vies et de réduire

les pertes d'actifs. Il est crucial de donner aux ménages pauvres la possibilité d'épargner dans des institutions financières afin de protéger leurs économies. La protection sociale modulable suite à une catastrophe et les instruments de ciblage capables d'identifier les ménages affectés et de fournir de l'aide aux personnes dans le besoin en temps opportun peuvent permettre d'éviter des conséquences à long terme irréversibles et de ne pas tomber dans les spirales de la pauvreté (Pelham *et al.*, 2011).

3. Incidences sur l'agriculture

Le changement climatique, qui est voué à affecter la productivité des cultures et des terres, en particulier celle des plantations principales (le blé, le riz et le maïs) dans les régions tropicales et tempérées, sera accentué par la tendance à l'augmentation des émissions (Porter *et al.*, 2014). Dans le scénario le plus optimiste, et en ayant recours à l'effet fertilisant du CO₂ (une concentration accrue de CO₂ améliore la photosynthèse et la productivité des plantes), il est probable que le rendement des cultures diminue de 2 % à l'échelle mondiale d'ici 2030, mais si les émissions ne sont pas limitées, cette diminution peut atteindre 6 % d'ici 2050 et 14 % d'ici 2080, voire 10 et 33 % d'ici 2030 et 2080, si nous ne prenons pas en compte l'effet fertilisant du CO₂ (Havlík *et al.*, 2015). À l'échelle mondiale, les effets sur les cultures et les régions ne seront cependant pas uniformes. Ils sont d'ailleurs extrêmement incertains et dépendent de la mesure dans laquelle nous aurons recours à l'effet fertilisant du CO₂, de la disponibilité de l'eau et du développement de nouvelles variétés et techniques mieux adaptées au climat à venir.

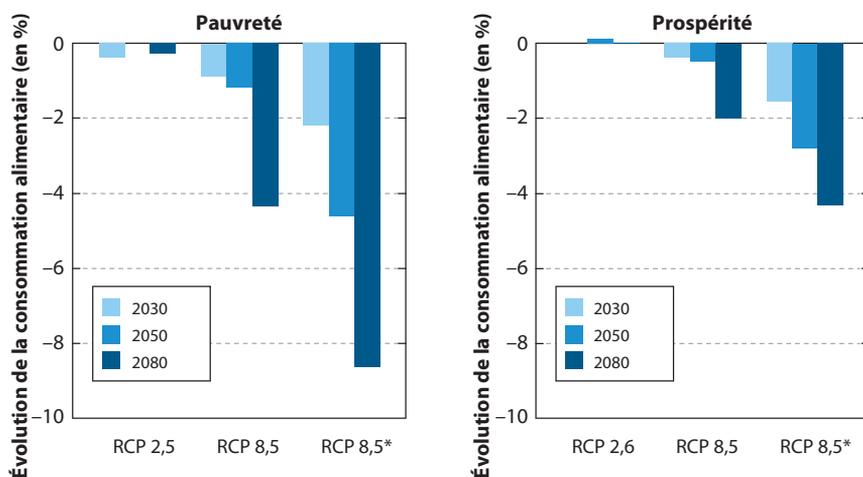
Les effets sur la productivité affecteront les marchés et le prix des denrées alimentaires; le GIEC prévoit une hausse du prix mondial des denrées alimentaires allant de 3 à 84 % d'ici 2050 (Porter *et al.*, 2014). Une baisse de la consommation s'ensuivra, mais les modélisations suggèrent que l'effet final dépendra non seulement du changement climatique, mais également du contexte socioéconomique, de l'augmentation du PIB et de l'accès aux marchés mondiaux des produits alimentaires. La sécurité alimentaire est moins préoccupante dans un monde porté par une croissance économique rapide et un faible indice de pauvreté (le scénario « prospérité ») que dans un monde frappé par une croissance en berne et une pauvreté étendue (le scénario « pauvreté »). Ainsi, dans le cadre d'un scénario RCP8.5 (le scénario d'émissions élevées), qui ne prévoit pas de recourir à l'effet fertilisant du CO₂, la diminution mondiale de la consommation de denrées alimentaires est estimée à 2,5 % d'ici 2050 et à 4 % d'ici 2080 pour le scénario « prospérité », et à plus de 4 et 8 % aux mêmes échéances pour le scénario « pauvreté » (figure 26.3.).

Toute évolution de la consommation alimentaire sera particulièrement grave pour les personnes pauvres, qui consacrent une part plus importante de leur budget à l'alimentation (62 % en moyenne contre 44 % pour les non-pauvres; voir Ivanic et Martin, 2014). Cette part est plus élevée en milieu urbain, les pauvres

des milieux ruraux pratiquant souvent une agriculture de subsistance.

L'aggravation des pénuries alimentaires peut conduire à une multiplication des « crises alimentaires » au cours desquelles le prix des denrées augmente rapidement, par exemple à la suite d'une baisse de la production due à des infestations parasitaires ou à des aléas climatiques dans un pays producteur majeur. Comme l'a illustré le pic de 2008, de tels épisodes ont des effets catastrophiques sur la pauvreté; les études suggèrent que les futures hausses entraîneront de graves répercussions. Dans plusieurs pays toujours privés d'un système de protection sociale ou d'ajustement économique, dont le Guatemala, l'Inde, l'Indonésie, le Pakistan, le Sri Lanka, le Tadjikistan et le Yémen, une hausse du prix des denrées alimentaires de 100 % risque d'accroître de 25 % l'extrême pauvreté (définie par le seuil de 1,25 dollar par jour) et d'affecter gravement les zones urbaines (Ivanic et Martin, 2014).

Figure 26.3. Effets du changement climatique sur la consommation alimentaire dans trois scénarios climatiques, trois périodes et deux scénarios socioéconomiques (« prospérité » et « pauvreté »).



Remarque: les scénarios climatiques sont les suivants : RCP2.6 : faibles émissions ; RCP8.5 : émissions élevées ; RCP8.5* : émissions élevées sans les effets fertilisants (incertains) du CO₂. Le scénario « prospérité » affiche les effets les moins graves.

Source : Havlík *et al.*, 2015.

Mais pour les producteurs alimentaires, l'augmentation du prix des denrées n'est pas nécessairement une mauvaise chose. Les effets définitifs dépendront de l'équilibre entre les prix et la productivité (une hausse du prix des denrées alimentaires due à la réduction de la productivité n'entraîne pas automatiquement une augmentation des revenus), et de la distribution des revenus accrus entre les ouvriers agricoles et les propriétaires terriens (Jacoby *et al.*, 2014).

Une étude approfondie de la consommation et de la production des ménages agricoles affirme que ces derniers peuvent tirer profit des effets climatiques si le choc est étendu, si leur production fait l'objet d'une demande inélastique au niveau des exploitations (et si la réactivité de l'offre est faible), si les sources de revenus non agricoles sont rares et si les denrées alimentaires représentent une part relativement faible des dépenses (Hertel *et al.*, 2010).

Cependant, dans certaines zones, une transformation du secteur productif est inéluctable. Ainsi, en Ouganda, la production de café est une activité majeure, qui employait plus de deux millions de personnes et contribuait à l'économie nationale à hauteur de près de 400 millions de dollars US en 2012 (Jassogne *et al.*, 2013). Mais au cours des prochaines décennies, le changement climatique entraînera progressivement sa disparition et contraindra l'économie locale à se restructurer autour d'une culture ou d'un secteur différent (Jassogne *et al.*, 2013). Entreprendre des transformations d'une telle ampleur constitue un défi majeur ; dans les années 1930, les effets du Dust Bowl, qui a provoqué l'érosion d'une partie importante des Grandes Plaines des États-Unis (une région agricole auparavant renommée), ont perduré pendant des décennies (Hornbeck, 2012).

La vulnérabilité de l'agriculture sera façonnée par l'évolution de la structure et de l'accessibilité des marchés d'une part, et celle de la pauvreté d'autre part. À cet égard, les données disponibles indiquent que les marchés isolés subissent une volatilité des prix plus prononcée (Moctar *et al.*, 2015). L'amélioration des infrastructures routières peut resserrer les liens entre les marchés ruraux et les centres de consommation urbains, contribuant ainsi à la stabilisation des prix. Par ailleurs, les personnes sortant de la pauvreté consacreront une part moins importante de leurs revenus à l'alimentation et seront moins affectées par la hausse du prix des denrées alimentaires (à condition que le recul de la pauvreté soit aussi rapide que prévu et qu'il atteigne les zones rurales isolées d'où il est actuellement absent) (Ravallion, 2014).

4. Problèmes de santé

Les problèmes de santé sont la principale cause de l'appauvrissement des ménages (Moser, 2008). Ils ont une influence multiforme au travers des répercussions directes sur le bien-être, des conséquences d'un décès, de la perte de revenus causée par l'incapacité d'un membre de la famille à travailler, des dépenses liées aux soins et aux traitements médicaux en particulier en l'absence de régimes d'assurance-maladie ou bien des temps et ressources consacrés aux soins.

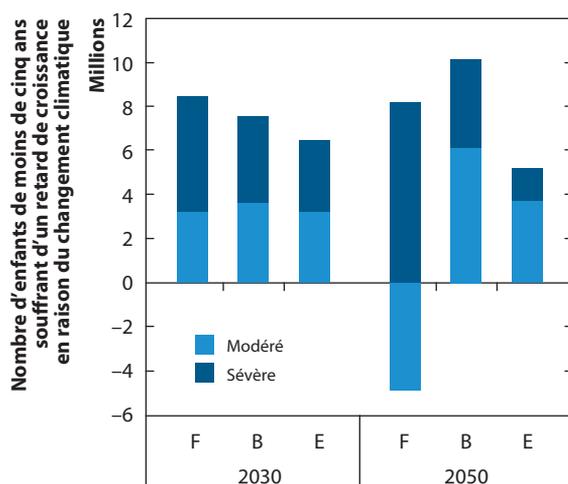
Cela explique pourquoi les effets du changement climatique sur la santé sont une grande source de préoccupation.

Les effets peuvent être dus à l'accroissement des catastrophes naturelles, dont l'incidence sur la santé est bien documentée. Responsables de décès et de blessures, les catastrophes affectent directement la santé, en particulier dans

les pays à faible revenu et à revenu moyen inférieur, qui ne sont touchés que par un tiers des catastrophes, mais qui enregistrent plus de 80 % des décès à l'échelle mondiale (GFDRR, OXFAM, PNUD et UNICEF, 2014). Après une catastrophe, le manque d'aliments, d'eau et d'assainissement aggrave la situation sanitaire, tout comme l'incapacité des ménages pauvres à ajuster leur consommation; la baisse des revenus entraîne souvent une réduction de la consommation alimentaire, qui est susceptible d'avoir des effets à long terme sur le développement des enfants et d'entraver leur épanouissement physique, leur capacité cognitive et leur potentiel de subsistance (Alderman *et al.*, 2006).

Les catastrophes ne sont pas les seules responsables des problèmes de santé. Les dérèglements climatiques affectant la productivité des cultures et la disponibilité des denrées alimentaires le sont aussi (Smith *et al.*, 2014). Ainsi, la sous-alimentation résulte non seulement de ces deux facteurs, mais également de la qualité de l'eau et de l'accès à l'assainissement. Dans un scénario de croissance économique de base, le changement climatique devrait accroître l'incidence des retards de croissance et toucher jusqu'à 10 millions d'enfants supplémentaires en 2050 (Lloyd *et al.*, 2011; Hales *et al.*, 2014) (figure 26.4.). Certaines régions seront particulièrement affectées, comme l'Afrique subsaharienne et l'Asie du Sud où les retards de croissance sévères sont susceptibles d'augmenter respectivement de 23 et 62 % (Lloyd *et al.*, 2011). Ces projections sont d'autant plus inquiétantes que le retard de croissance multiplie le risque de décès par 1,6 lorsqu'il est modéré et par 4,1 lorsqu'il est sévère (Black *et al.*, 2008).

Figure 26.4. Nombre supplémentaire d'enfants âgés de moins de cinq ans affichant un retard de croissance en raison du changement climatique en 2030 et en 2050 selon des scénarios de croissance socioéconomique faible (F), de base (B) et élevée (E).



Source: Hales *et al.*, 2014.

Le changement climatique modifiera également le profil des maladies vectorielles, hydriques ou transmises par le sol qui s'étendront à de nouveaux territoires (Smith *et al.*, 2014). L'action combinée de la fluctuation des températures, de la salinité côtière, de l'humidité, des fortes précipitations, des inondations et des sécheresses peut déclencher des épidémies, dont la schistosomiase, le choléra, le paludisme et la diarrhée (Cann *et al.*, 2013; Hales *et al.*, 2014).

Les populations pauvres et les enfants sont les plus vulnérables à ces maladies, qui ont également des répercussions sur les revenus et la croissance économique. Au Malawi, par exemple, les ménages à faible revenu confrontés au paludisme sont plus durement touchés du point de vue économique, car celui-ci absorbe 32 % de leurs revenus annuels contre seulement 4 % pour les ménages à revenu plus élevé (Ettling *et al.*, 1994). Ces incidences microéconomiques ralentissent la croissance macroéconomique. Entre 1965 et 1990, les pays fortement touchés par le paludisme ont enregistré une croissance 1,3 % plus lente que les autres (Gallup et Sachs, 2001).

D'après l'Organisation mondiale de la Santé, 3 % des cas mondiaux de diarrhée peuvent être attribués au changement climatique, soit une augmentation du risque d'infection pouvant atteindre 10 % d'ici 2030 dans certaines régions (OMS, 2009). La hausse des températures est en partie responsable : d'après une étude réalisée à Lima, au Pérou, toute augmentation de la température de 1 % entraîne une hausse des hospitalisations dues à la diarrhée de 4 % pendant les mois les plus chauds et de 12 % pendant les mois les plus froids (Checkley *et al.*, 2000).

Nous pouvons seulement commencer à mesurer la charge mondiale de morbidité due au changement climatique, mais les tendances observées sont inquiétantes. Une récente synthèse abordant cinq facteurs clés (sous-alimentation, paludisme, diarrhée, dengue et canicules) prévoit que, dans un scénario socioéconomique de base et dans un scénario d'émissions moyennes/élevées, le changement climatique entraînera environ 250 000 décès annuels supplémentaires entre 2030 et 2050 (Hales *et al.*, 2014).

La charge de morbidité future dépendra du développement. Au 20^e siècle, le paludisme a fortement reculé en dépit de la hausse des températures. En effet, les tendances socioéconomiques (urbanisation, développement et amélioration des infrastructures sanitaires) jouent un rôle beaucoup plus important dans la prévalence du paludisme que les effets du changement climatique (Gething *et al.*, 2010). S'il est sans doute difficile d'éviter certaines incidences (comme les conséquences des canicules sur la santé des personnes âgées), la réalisation des objectifs de développement, telle la couverture santé universelle d'ici 2030, peut sensiblement concourir à l'adaptation aux effets du changement climatique sur la santé. De fait, la revue *Lancet* a récemment publié un rapport sur la santé et le changement climatique qui soutient que la lutte contre le changement climatique peut constituer « la plus grande opportunité du 21^e siècle en matière de santé mondiale » (Watts *et al.*, 2015).

5. Comment parvenir à un développement résilient et sobre en carbone ?

Le changement climatique a une incidence sur la pauvreté, et la réduction de la pauvreté diminue la vulnérabilité aux effets du climat. Dans la section précédente, nous avons vu que le développement et la réduction de la pauvreté peuvent atténuer la vulnérabilité climatique. En effet, de meilleurs systèmes de protection sociale, un accès amélioré aux institutions financières et aux régimes d'assurance, et la réduction des inégalités sont susceptibles d'atténuer les effets des catastrophes et en particulier les effets irréversibles sur la santé et sur l'éducation des enfants. Des liens plus étroits avec les marchés (à savoir, de meilleures infrastructures et des institutions adéquates) peuvent protéger les consommateurs contre les grandes pénuries alimentaires et aider les agriculteurs à accéder aux technologies et aux intrants leur permettant de s'adapter à l'évolution du climat. Les services élémentaires, comme un meilleur approvisionnement en eau, l'assainissement et les énergies modernes, peuvent également contrecarrer certains effets du changement climatique, dont les maladies hydriques et la dégradation de l'environnement. Dans la plupart des pays, le développement et la croissance ont amélioré l'accès aux soins de santé et se sont traduits entre autres par une réduction des taux de mortalité infantile et de paludisme.

Il importe de souligner que le développement et l'atténuation du changement climatique ne sont pas contradictoires. Les données disponibles indiquent que l'augmentation du niveau de vie de base de la population la plus démunie au monde aura un effet négligeable sur les émissions mondiales (Rao *et al.*, 2014; Fay *et al.*, 2015). Des initiatives, telles qu'« Énergie durable pour tous » lancée par les Nations Unies, peuvent améliorer l'accès à l'électricité tout en étant compatibles avec le réchauffement maximal de 2 °C (Rogelj *et al.*, 2013). Rendre compatibles l'atténuation et l'éradication de la pauvreté requiert une approche échelonnée où les pays les plus riches en font plus. Les effets sur la production alimentaire de l'atténuation axée sur l'utilisation des terres font l'objet d'une attention particulière, et des politiques complémentaires (par exemple, des transferts monétaires) sont mises en place pour protéger les pauvres contre les effets secondaires négatifs de l'atténuation (Fay *et al.*, 2015). Dans de nombreux cas, les pays les plus riches devront aider les plus pauvres à s'approvisionner en technologie et en instruments financiers.

Les effets du changement climatique s'intensifieront au fil du temps. Il faut dès à présent réduire la pauvreté et, ce faisant, notre vulnérabilité future. Tout accord sur le climat censé être viable et efficace doit être axé sur l'objectif de réduction de la vulnérabilité, et avoir pour mission de contribuer au développement et à l'éradication de la pauvreté.

Chaque mode de développement a une incidence particulière sur la réduction des risques liés au changement climatique. Il ne fait aucun doute que le développement sobre en carbone atténuera le changement climatique, réduira les risques à long terme et bénéficiera à tous, en particulier aux plus pauvres.

En outre, le développement résilient réduira davantage les effets du changement climatique. À cet égard, plusieurs recommandations s'imposent :

- **Planification en vue d'un climat différent (et incertain).** Les décisions politiques et financières ont souvent des conséquences à long terme. Les infrastructures de transport déterminent la forme urbaine et l'activité économique sur la longue période, voire parfois même lorsqu'elles sont devenues obsolètes (Bleakley et Lin, 2010). Les politiques telles que les plans d'urbanisation, les stratégies de gestion des risques et les codes de construction peuvent avoir une influence tout aussi étendue sur le développement. Par conséquent, si l'on veut s'assurer que le développement est adapté non seulement au présent mais également à l'avenir, il faut tenir compte des résultats des investissements et des décisions à court et à long terme. Une profonde incertitude pèse cependant sur ces intentions. Quelles seront les conditions climatiques à venir, les prochaines inventions en matière de technologie, les conditions socioéconomiques et les préférences futures ? Nous risquons de circonscrire le développement à des interventions dangereuses ; par exemple en urbanisant des plaines ne pouvant pas être protégées contre les inondations ou en privilégiant une production agricole menacée par le changement climatique. Pour éviter ce cas de figure, le processus de planification doit s'appuyer sur des recherches sondant une large gamme de scénarios possibles et veiller à ne pas créer des risques inacceptables du point de vue du changement climatique et d'autres tendances, notamment si ces scénarios diffèrent des projections actuelles (Kalra *et al.*, 2014). Une approche aussi solide s'appuie sur des stratégies comme les marges de sécurité (par exemple, établir un périmètre de sécurité autour des zones qui comportent actuellement un risque d'inondation), la promotion de la souplesse (par exemple, choisir des solutions pouvant être ajustées à mesure que de nouvelles données deviennent disponibles) et l'augmentation de la diversification (par exemple, développer les secteurs économiques les moins exposés aux risques).
- **Amélioration de l'accès aux soins de santé.** Étant donné la capacité des chocs à maintenir les personnes dans la pauvreté, aider les ménages démunis à gérer les risques liés à la santé constitue déjà une priorité. Le changement climatique ne fait qu'en accentuer l'urgence et l'importance. Toutes les régions doivent pouvoir compter sur un personnel de santé qualifié ayant accès au matériel et aux médicaments adéquats. Mais la disponibilité des soins de santé ne suffit pas, il faut également qu'ils soient abordables. Environ 100 millions de personnes basculent dans la pauvreté chaque année parce qu'elles doivent payer leurs soins médicaux (OMS, 2008). L'élargissement de la couverture sanitaire et la diminution des dépenses à la charge des patients constituent des investissements judicieux en matière de développement et de réduction de la pauvreté et des outils efficaces pour atténuer la vulnérabilité au changement climatique. Ils peuvent en outre

être mis en place pour tous les niveaux de revenus. Ainsi, à la suite du génocide de 1994, le Rwanda a investi dans un système de couverture santé universelle et a enregistré une chute vertigineuse du taux de mortalité ainsi qu'un doublement de l'espérance de vie (Binagwaho *et al.*, 2014). Le changement climatique ne modifie pas fondamentalement les défis auxquels fait face le secteur de la santé, mais l'émergence des problèmes et des maladies donne davantage de poids aux systèmes de suivi capables d'identifier les nouvelles urgences (parfois inattendues) et d'y répondre rapidement.

- Mise en place de systèmes de protection sociale bien ciblés et à échelle variable. Les systèmes de protection sociale peuvent contribuer à la gestion des chocs climatiques. Pendant la sécheresse ayant sévi en Éthiopie en 1999, les 40 % les plus pauvres ont perdu près des trois quarts de leurs actifs (Little *et al.*, 2004). Aujourd'hui, le programme national de protection productive (PSNP – Productive Safety Net Program) vient en aide à 7,6 millions de personnes en proie à l'insécurité alimentaire et renforce les actifs communautaires afin de contrecarrer les effets des sécheresses. Le programme a amélioré la sécurité alimentaire, l'accès aux services sociaux, l'approvisionnement en eau, la productivité, l'accès aux marchés et les écosystèmes (Hoddinott *et al.*, 2013). Si leur déploiement suite à un choc est adéquat et rapide, et cible les populations les plus pauvres et les plus vulnérables, les systèmes de protection sociale peuvent également jouer un rôle crucial en empêchant la survenue d'effets irréversibles dus à la sous-alimentation (Clarke et Hill, 2013). En outre, compte tenu des effets croissants des catastrophes naturelles, il est essentiel que les mesures de protection sociale permettent d'identifier rapidement les personnes dans le besoin, d'intensifier et de recadrer l'aide suite à un choc ou à une catastrophe (Pelham *et al.*, 2011).

Par ailleurs, l'évolution des conditions et des risques climatiques suggère que certaines régions seront de moins en moins propices au développement. Les migrations temporaires et permanentes constituent un outil essentiel de gestion des risques et peuvent contribuer à l'adaptation. Indépendamment du changement climatique, les migrations jouent un rôle clé dans la capacité des ménages pauvres à échapper à la pauvreté en leur offrant l'occasion d'améliorer leur situation professionnelle et salariale, et leur accès aux services et à l'éducation. Le changement climatique est susceptible de multiplier les migrations, notamment s'il entraîne la disparition des activités économiques, comme avec l'exemple de la production de café en Ouganda (voir Jassogne *et al.*, 2013), mais il peut également constituer une entrave si les conflits et l'exclusion augmentent (pour plus d'informations, voir Adger *et al.*, 2014). Étant donné le rôle important que joue la mobilité dans la réduction de la pauvreté, il est crucial que la protection sociale ne confine pas les personnes dans des endroits ou des emplois qui les empêchent d'échapper à la pauvreté. L'évolution du climat rend d'autant plus importante la mobilité de la protection sociale (géographique et professionnelle).

En ce qui concerne les catastrophes naturelles, les incidences sur l'agriculture et les problèmes de santé, le changement climatique ne fait qu'accroître l'urgence des priorités actuelles dans de nombreux pays. Si elle est abordée de manière adéquate, cette urgence peut se révéler une chance de réduire tant la pauvreté actuelle que notre future vulnérabilité au climat. La forte incidence du changement climatique sur la santé et la situation économique des enfants revêt une importance particulière. Si nous n'agissons pas dès maintenant pour adopter un développement résilient et sobre en carbone, nous courons le risque de nous condamner à un avenir marqué par une pauvreté intergénérationnelle croissante.

Références

- ADGER W.N., PULHIN J.M. *et al.*, 2014, « Human security » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- Agence spatiale allemande, 2015, « January 2015 flood extent of Malawi Event », Cologne.
- AKTER S. et MALLICK B., 2013, « The poverty–vulnerability–resilience nexus: Evidence from Bangladesh », *Ecological Economics* 96, p. 114-124.
- ALDERMAN H., HODDINOTT J. et KINSEY B., 2006, « Long term consequences of early childhood malnutrition », *Oxford Economic Papers* 58 (3), p. 450-474.
- ASPIRE, 2015, Base de données ASPIRE, Banque mondiale, Washington DC (<http://datatopics.worldbank.org/aspire/>).
- BAEZ J., LUCCHETTI L., SALAZAR M. et GENONI M., 2014, « Gone with the Storm: Rainfall Shocks and Household Wellbeing in Guatemala », document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.
- Banque mondiale, 2015, *Indicateurs du développement dans le monde*, Washington DC.
- Banque mondiale et Bureau national de la statistique du Malawi, 2013, « Malawi Poverty Map », Washington DC.
- BINAGWAHO A., FARMER P.E., NSANZIMANA S., KAREMA C., GASANA M. *et al.*, 2014, « Rwanda 20 years on: investing in life », *The Lancet* 384, p. 371-375.
- BLACK R.E., ALLEN L.H., BHUTTA Z.A., CAULFIELD L.E., DE ONIS M. *et al.*, 2008, « Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences », *The Lancet* 371, p. 243-260.
- BLEAKLEY H. et LIN J., 2010, « Portage: Path Dependence and Increasing Returns in U.S. History », document de travail du NBER n° 16314, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
- BROUWER R., AKTER S., BRANDER L. et HAQUE E., 2007, « Socioeconomic

- vulnerability and adaptation to environmental risk: a case study of climate change and flooding in Bangladesh », *Risk Analysis* 27 (2), p. 313-326.
- CANN K.F., THOMAS D.R., SALMON R.L., WYN-JONES A.P. et KAY D., 2013, « Extreme water-related weather events and waterborne disease », *Epidemiology and Infection* 141 (4), p. 671-686.
 - CARTER M.R., LITTLE P.D., MOGUES T. et NEGATU W., 2007, « Poverty Traps and Natural Disasters in Ethiopia and Honduras », *World Development* 35 (5), p. 835-856.
 - CHECKLEY W., EPSTEIN L.D., GILMAN R.H., FIGUEROA D., CAMA R.I. *et al.*, 2000, « Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children », *The Lancet* 355, p. 442-450.
 - CLARKE D.J. et HILL R.V., 2013, « Cost-Benefit Analysis of the African Risk Capacity Facility », SSRN document académique n° ID 2343159, Rochester, New York, États-Unis.
 - DEL NINNO C., DOROSH P.A., SMITH L.C. et ROY D.K., 2001, « The 1998 Floods in Bangladesh Disaster Impacts, Household Coping Strategies, and Response », rapport de recherche n° 122, Institut international de recherche sur les politiques alimentaires, Washington DC.
 - ELBERS C., GUNNING J.W. et KINSEY B., 2007, « Growth and Risk: Methodology and Micro Evidence », *World Bank Economic Review* 21, p. 1-20.
 - ETTLING M., MCFARLAND D.A., SCHULTZ L.J. et CHITSULO L., 1994, « Economic impact of malaria in Malawian households », *Tropical Medicine and Parasitology* 45 (1), p. 74-79.
 - FAY M., HALLEGATTE S., VOGT-SCHILB A., ROZENBERG J., NARLOCH U. et KERR T., 2015, *Decarbonizing Development: Three Steps to a Zero-Carbon Future*, Banque mondiale, Washington DC.
 - FINDEX, 2015, Base de données sur l'inclusion financière à l'échelle internationale, Banque mondiale ([http://databank.banquemondiale.org/data/reports.aspx?source=Base-de-donn%C3%A9es-sur-l%E2%80%99inclusion-financi%C3%A8re-%C3%A0-l%E2%80%99%3%A9chelle-internationale-\(Global-Findex\)](http://databank.banquemondiale.org/data/reports.aspx?source=Base-de-donn%C3%A9es-sur-l%E2%80%99inclusion-financi%C3%A8re-%C3%A0-l%E2%80%99%3%A9chelle-internationale-(Global-Findex))).
 - GALLUP J.L. et SACHS J.D., 2001, « The economic burden of malaria », *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 64 (Suppl. 1-2), p. 85-96.
 - GETHING P.W., SMITH D.L., PATIL A.P., TATEM A.J., SNOW R.W. et HAY S.I., 2010, « Climate change and the global malaria recession », *Nature* 465, p. 342-345.
 - GFDRR, OXFAM, PNUD et UNICEF, 2014, « Disaster risk reduction makes development sustainable », document de conférence, Programme des Nations Unies pour le développement.
 - GIEC, 2014, « Résumé à l'intention des décideurs » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - HALES S., KOVATS S., LLOYD S. et CAMPBELL-LENDRUM D., 2014, *Quantitative*

risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s, Organisation mondiale de la Santé, Genève.

- HALLEGATTE S., BANGALORE M., BONZANIGO L., FAY M., NARLOCH U., ROZENBERG J. et VOGT-SCHILB A., 2014, « Climate Change and Poverty - An Analytical Framework », document de travail sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.
- HALLEGATTE S., GREEN C., NICHOLLS R.J. et CORFEE-MORLOT J., 2013, « Future flood losses in major coastal cities », *Nature Climate Change* 3, p. 02-806.
- HAVLÍK P., VALIN H., GUSTI M., FORSELL N., HERRERO M. *et al.*, 2015, « Climate change impacts and mitigation in the developing world: Integrated assessment of agriculture and forestry sectors », à paraître dans le document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.
- HERTEL T.W., BURKE M.B. et LOBELL D.B., 2010, « The Poverty Implications of Climate-Induced Crop Yield Changes by 2030 », *Global Environmental Change* 20 (4), p. 577-585.
- HODDINOTT J., LIND J., BERHANE G., FLINTAN F., GIDEY S. *et al.*, 2013, « Impact Evaluation of the PSNP and HAPB 2012 », Institute for Development Studies, Brighton.
- HORNBECK R., 2012, « The Enduring Impact of the American Dust Bowl: Short- and Long-Run Adjustments to Environmental Catastrophe », *American Economic Review* 102, p. 1477-1507.
- IVANIC M. et MARTIN W., 2014, « Short- and Long-Run Impacts of Food Price Changes on Poverty », document académique du SSRN n° ID 2484229, Rochester, New York, États-Unis.
- JACOBY H.G., RABASSA M. et SKOUFIAS E., 2014, « Distributional Implications of Climate Change in Rural India: A General Equilibrium Approach », *American Journal of Agricultural Economics* 97 (4), p. 1135-1156.
- JASSOGNE L., LDERACH P. et VAN ASTEN P., 2013, *The Impact of Climate Change on Coffee in Uganda: Lessons from a case study in the Rwenzori Mountains*, Oxfam, Oxford.
- KALRA N., HALLEGATTE S., LEMPERT R., BROWN C., FOZZARD A. *et al.*, 2014, « Agreeing on Robust Decisions: New Processes for Decision Making under Deep Uncertainty », document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.
- KARIM A. et NOY I., 2014, « Poverty and natural disasters: A meta-analysis », Victoria University of Wellington, School of Economics and Finance.
- KRISHNA A. 2006, « Pathways out of and into poverty in 36 villages of Andhra Pradesh, India », *World Development* Part 34 (2), p. 324-404.
- LITTLE P., STONE P., MOGUES T., CASTRO P. et NEGATU W., 2004, « 'Churning' on the Margins: How the Poor Respond to Drought in South Wollo », BASIS Brief n° 21, University of Wisconsin-Madison.
- LLOYD S.J., KOVATS R. S. et CHALABI Z., 2011, « Climate change, crop yields, and undernutrition: development of a model to quantify the impact of climate

- scenarios on child undernutrition », *Environmental Health Perspectives* 119, p. 1817-1823.
- MOCTAR N., MAÎTRE D'HÔTEL E. et LE COTY T., 2015, « Maize Price Volatility Does Market Remoteness Matter? », document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.
 - MOSER C.O.N., 2008, *Reducing Global Poverty: The Case for Asset Accumulation*, Brookings Institution Press, Washington DC.
 - NOY I. et PATEL P., 2014, « Floods and spillovers: Households after the 2011 great flood in Thailand », document de travail n° 3609, Victoria University of Wellington, School of Economics and Finance.
 - OMS, 2009, *Global Health Risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*, Genève.
 - OMS, 2008, *Rapport sur la santé dans le monde 2008 – Les soins de santé primaires : maintenant plus que jamais*, Genève.
 - PATANKAR A., 2015, « The exposure, vulnerability and adaptive capacity of households to floods in Mumbai ».
 - PATANKAR A. et PATWARDHAN A., 2014, « Estimating the Uninsured Losses due to Extreme Weather Events and Implications for Informal Sector Vulnerability: A Case Study of Mumbai, India », à paraître dans *Natural Hazards*.
 - PELHAM L., CLAY E. et BRAUNHOLZ T., 2011, « Natural Disasters: What is the Role for Social Safety Nets? », Overseas Development Institute, Londres.
 - PORTER J. R., XIE L. *et al.*, 2014, « Food security and food production systems » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
 - RABBANI G., RAHMAN S.H. et FAULKNER L., 2013, « Impacts of Climatic Hazards on the Small Wetland Ecosystems (ponds): Evidence from Some Selected Areas of Coastal Bangladesh », *Sustainability* 5, p. 1510-1521.
 - RAO N.D., RIAHI K. et GRUBLER A., 2014, « Climate impacts of poverty eradication », *Nature Climate Change* 4, p. 749-751.
 - RAVALLION M., 2014, « Are the World's Poorest Being Left Behind? », document de travail du NBER n° 20791, Cambridge, Massachusetts.
 - RODRIGUEZ-OREGGIA E., DE LA FUENTE A., DE LA TORRE R. et MORENO H.A., 2013, « Natural Disasters, Human Development and Poverty at the Municipal Level in Mexico », *Journal of Development Studies* 49 (3), p. 442-455.
 - ROGELJ J., MCCOLLUM D.L. et RIAHI K., 2013, « The UN's 'Sustainable Energy for All' initiative is compatible with a warming limit of 2°C », *Nature Climate Change* 3, p. 545-551.
 - SMITH K.R., WOODWARD A. *et al.*, 2014, « Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).

-
- UNOSAT, 2014, « January 2015 flood extent of Malawi Event », Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche.
 - WATTS N., ADGER W.N., AGNOLUCCI P., BLACKSTOCK J., BYASS P. *et al.*, 2015, « Health and climate change: policy responses to protect public health », *The Lancet*.
 - WINSEMIUS H., JONGMAN B., VELDKAMP T., HALLEGATTE S., BANGALORE M. et WARD P.J., 2015, « Disaster risk, climate change, and poverty: assessing the global exposure of poor people to floods and droughts », à paraître dans le document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.

Chapitre 27

Pour les pays à faible revenu : adapter les objectifs de lutte contre le changement climatique

Alice Akinyi Kaudia

Tous les pays en développement aspirent à une croissance rapide. Si l'on extrapole l'étude de Somanathan sur la situation de l'Inde présentée dans cet ouvrage¹, tout ralentissement de la croissance serait extrêmement coûteux sur les plans économique, social et politique pour de nombreux pays en développement. On remarque cet accent mis sur la croissance dans la position prise par les pays du groupe BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud) lors des négociations de la CCNUCC et dans l'expérience de l'Inde qui, soucieuse de s'engager uniquement dans les limites permises par sa politique nationale, a soumis une INDC axée sur la réduction des émissions de CO₂, et non pas sur l'ensemble des gaz à effet de serre (GES) (Moarif et Rastogi, 2012). L'impact de cette décision sur les autres pays à faible revenu n'est pas encore connu, en particulier pour ceux pouvant bénéficier d'enchères sur les émissions de méthane du fait de leur économie essentiellement basée sur l'élevage. Quoi qu'il en soit, les pays du groupe BRICS devront déployer d'importants efforts d'atténuation pour répondre aux attentes de l'Alliance des petits États insulaires (AOSIS) et des pays les moins avancés (PMA), ce qui pourrait mettre en péril leurs économies en pleine expansion.

Outre la croissance, les préoccupations sociales sont manifestes dans les aspirations qui se dégagent des plans continentaux de développement. Par exemple, l'Agenda 2063 de l'Union africaine a pour ambition une Afrique « intégrée, prospère et pacifique, dirigée par ses propres citoyens, et représentant une force dynamique sur la scène internationale » (Union africaine, 2014). Dans l'ensemble, les aspirations de la Vision 2063 de l'Union africaine jettent les bases de l'orientation politique des négociations sur le changement climatique, dans le sens où il est impossible de garantir la paix et la prospérité si des catastrophes naturelles liées au climat, qui représentent jusqu'à 70 % des phénomènes dans des pays comme le Kenya (gouvernement du Kenya, 2009), anéantissent les progrès réalisés en matière de développement et aggravent la pauvreté. En effet, en se basant sur les conclusions de 60 études concernant les liens entre le climat et les conflits humains et après avoir écarté les effets

.....
1. Voir le chapitre 7 de ce volume par E. Somanathan : *La situation vue de l'Inde*.

spécifiquement liés au lieu et à l'époque, Hsiang *et al.* (2013) concluent qu'un écart-type vers des températures plus chaudes ou des précipitations extrêmes entraîne une augmentation de la fréquence des violences entre les personnes de 4 % et des conflits entre les groupes de 14 %. Ces résultats laissent présager une possible intensification des conflits humains à l'avenir, car il est prévu que la température des régions habitées augmente de deux à quatre écarts-types d'ici 2050.

Concrétisant leurs aspirations, les gouvernements africains lancent des programmes à l'échelle continentale qui, s'ils sont mis en œuvre de manière efficace, devraient faire évoluer la croissance et le développement humain vers une stratégie compatible avec les ressources environnementales du continent. Par exemple, la libre circulation des personnes, des biens et des services entre les États partenaires d'Afrique de l'Est, et l'élaboration de politiques communes sur le changement climatique par les Communautés économiques régionales traduisent la volonté politique croissante de consolider et de soutenir conjointement le développement économique afin de générer des économies d'échelle et de favoriser la réalisation de la Vision 2063. Ces programmes régionaux envoient des signes encourageants.

La prise en compte des préoccupations sociales des pays à faible revenu devrait donc tracer le sentier de négociation qu'adoptent ces pays au sein du Groupe des 77 et de la Chine, du Groupe des négociateurs africains, des petits États insulaires en développement (PEID) et d'autres groupes de négociation régionaux regroupant des pays à faible revenu. Les risques auxquels sont exposés les PEID sont particulièrement importants, puisque la hausse constante du niveau des mers, qui a déjà atteint 0,19 mètre selon le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (RE5), est une réalité et que ce niveau pourrait s'élever de 0,5 à 1 mètre par rapport à la période 1986-2005 d'ici la fin du siècle dans un scénario de *statu quo*².

En tenant compte des contraintes liées à la croissance sur les efforts d'atténuation déployés par de nombreux pays à revenu intermédiaire hautement émetteurs et à croissance rapide, quels sont les objectifs politiques réalisables et socialement inclusifs adaptés pour les pays à faible revenu, et comment ces derniers doivent-ils poursuivre ces objectifs? La section 1 traite de ces politiques. En prenant l'exemple du Kenya, la section 2 évoque les caractéristiques d'une INDC ambitieuse mais réalisable pour un pays à faible revenu. La section 3 fournit des exemples de politiques menées en ce sens. Enfin, la section 4 présente les engagements que devraient prendre les pays à faible revenu lors des négociations.

2. Voir chapitre 2 de ce volume par Thomas F. Stocker : *Implications des données scientifiques relatives au climat pour les négociateurs.*

1. Objectifs socialement inclusifs pour les pays à faible revenu

Les populations pauvres sont généralement plus exposées aux risques climatiques et plus vulnérables, car elles sont moins résilientes aux crises, en particulier dans les pays à faible revenu³. Du point de vue environnemental, la mise en place de politiques socialement inclusives passe par la disponibilité de biens et services environnementaux tels que l'eau, l'énergie, la nourriture, la biodiversité ou la qualité de l'air, mais également par le maintien d'une population en bonne santé et donc productive malgré le changement climatique.

La réalisation de ces objectifs aidera les pays à faible revenu à adopter des modes de vie décarbonés dans leur quête d'un « statut de classe moyenne durable » (c'est-à-dire lorsqu'environ 20 % de la population aura accédé à ce statut)⁴. Par la suite, le consentement de cette classe moyenne à payer des impôts permettra de produire assez de biens publics qui associés à de « bonnes » politiques contribueront à protéger la majorité de la population contre les crises.

Pourtant l'adoption de « bonnes » politiques n'est pas une condition suffisante pour l'efficacité du processus d'atténuation, en particulier dans les pays à faible revenu où l'expression sociale de la richesse consiste à la montrer (plusieurs grosses voitures par ménage, une grande maison, des achats trop importants conduisant à un gaspillage alimentaire, etc.), ce qui contribue de manière significative aux émissions de GES. Il s'agit là d'un défi majeur pour les pays à faible revenu qui sont encore loin d'avoir atteint le « statut de classe moyenne », dans lesquels la mise en œuvre « forcée » de politiques respectueuses du climat est limitée en raison de l'interaction complexe entre des milieux institutionnels fragiles et l'influence négative exercée par des groupes politiques influents.

2. Les INDC des pays à faible revenu sont-elles adaptées ?

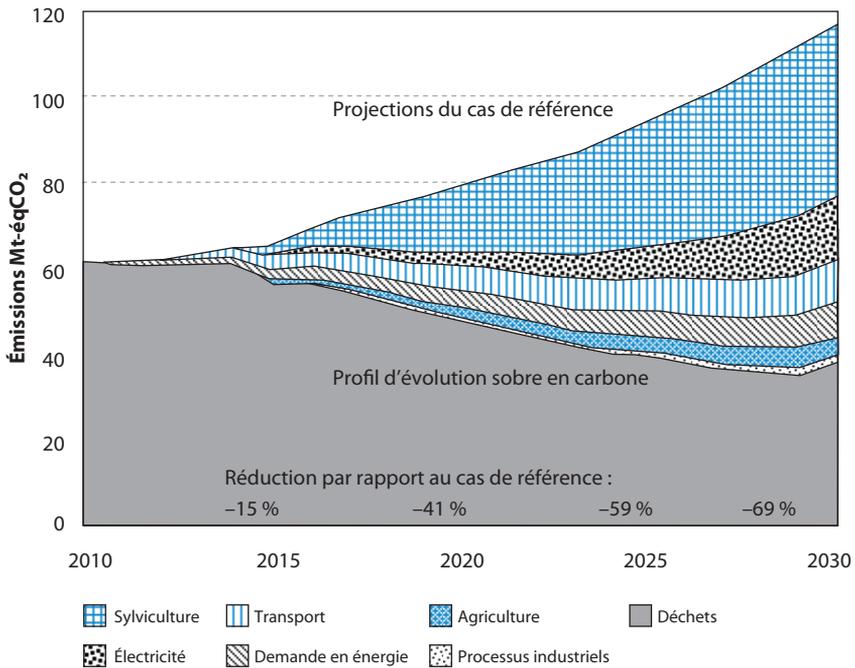
Un accord socialement acceptable et applicable à tous se doit d'inclure des politiques garantissant aux groupes à faible revenu la sécurité et le droit aux biens et services vitaux. Les négociations des pays à faible revenu doivent s'axer sur l'élimination de la pauvreté absolue, l'équité, la justice, les droits et l'arrêt ou tout au moins le ralentissement de l'appauvrissement de la biodiversité, source de revenus importante pour les populations pauvres vivant en milieu rural (voir la contribution de Hallegatte *et al.* à cet ouvrage). La difficulté pour

3. Voir le chapitre 26 de ce volume par Stephane Hallegatte, Mook Bangalore, Laura Bonzanigo, Marianne Fay, Tamaro Kane, Ulf Narloch, Julie Rozenberg, David Treguer, Adrien Vogt-Schilb : *Changement climatique et pauvreté : catastrophes naturelles, incidences agricoles, problèmes sanitaires*.

4. En 2010, seuls 10 % des Kényans avaient atteint le statut de « personnes en difficulté » (revenu journalier par habitant y_p supérieur au seuil de pauvreté, soit 1,25 dollar par jour, mais inférieur à 10 dollars), tandis que 2 % avaient atteint le statut de classe moyenne (y_p compris entre 10 et 50 dollars). Les projections pour 2030 font respectivement état de 23 % et 5 % de la population. Birdsall (2015) indique qu'il faut qu'environ 20 % de la population d'un pays atteigne le statut de classe moyenne pour atténuer l'impact des crises.

atteindre cet objectif vient de la diversité des besoins et actions qui se dégagent des INDC des pays à faible revenu.

Figure 27.1. Ventilation sectorielle du potentiel de réduction des GES au Kenya



Source : gouvernement du Kenya, 2012.

Si toutes les INDC soumises par ces pays n'ont pu être examinées au moment de l'écriture du présent chapitre, les soumissions précoces de l'Éthiopie, du Gabon, du Kenya et du Mexique illustrent quelques-unes de ces difficultés. Prenons l'exemple du Kenya, caractéristique d'un pays à faible revenu qui gravit les échelons de la croissance tout en aspirant à mettre en place des politiques respectueuses du climat. D'après l'INDC soumise par le Kenya, les émissions de GES du pays (estimées à 73 Mt éqCO₂ en 2010) sont minimes et imputables à près de 75 % à des activités liées à l'utilisation des terres, notamment l'agriculture, la sylviculture et l'élevage extensif du bétail. La figure 27.1. montre que, dans un scénario de statu quo, dans lequel le Kenya aspirerait à atteindre un taux de croissance du PIB de 10 % d'ici 2030, les émissions de GES du pays atteindraient 143 Mt-éqCO₂ en 2030, soit un peu plus du double des estimations de 2010. Selon le Plan d'action national sur les changements climatiques du Kenya, l'INDC du pays prévoit de réduire ses émissions de

GES de 30 % d'ici 2030. Cette ambition est à mettre en perspective avec une contribution historique de seulement 0,1 % au total des émissions mondiales, avec un niveau d'émission par habitant inférieur à 1,26 Mt-éqCO₂ (contre une moyenne mondiale de 7,58 Mt-éqCO₂). La ventilation sectorielle présentée dans la figure 27.1. montre que la sylviculture offre le plus fort potentiel de réduction des GES, ce qui souligne l'importance de l'initiative REDD+ pour l'INDC du Kenya.

La soumission du Kenya, caractéristique des pays à faible revenu, suggère que les décisions de la COP19 et de la COP20 incitent subtilement ces pays à adopter des objectifs d'atténuation du changement climatique qui ne pourront peut-être pas être atteints si les pays développés ne respectent pas le principe d'équité ancré dans la CCNUCC. S'il est entendu que les engagements pris par les pays à faible revenu sont interprétés comme étant « volontaires », un accord juridiquement contraignant et applicable à tous n'offrira pas forcément le degré de liberté nécessaire à ces pays, à moins que ce principe ne soit formellement prévu dans l'accord. Des INDC présentant des aspirations élevées dans des contextes où les émissions sont moins importantes et les moyens de mise en œuvre limités pourraient compromettre l'équilibre des négociations dans un premier temps, puis la mise en œuvre des contributions déterminées au niveau national (INDC). En outre, les INDC des pays à faible revenu sont basées sur des activités d'atténuation qui nécessitent des investissements capitalistiques. Ceci explique pourquoi, comme dans le cas du Kenya, les INDC soumises par les pays de ce groupe dépendent des capacités techniques et de ressources financières extérieures.

4. Politiques visant à soutenir la mise en œuvre d'un accord négocié

En prenant l'exemple du Kenya, examinons les politiques budgétaires, environnementales et climatiques ayant pour objectif l'adaptation au changement climatique et son atténuation.

(i) Politiques budgétaires

Les politiques budgétaires, envisagées au sens large de manière à inclure le développement durable dans le cadre d'une riposte au changement climatique, peuvent véritablement favoriser la transition vers une production et une consommation durables de ressources vitales telles que l'eau, l'énergie ou la nourriture (GGKP, 2015). Des politiques budgétaires bien conçues et correctement ciblées pourraient générer de nombreux avantages, notamment :

- *Une réduction des émissions grâce à la mise en place d'impôts sur les émissions de GES polluantes en appliquant le principe du « pollueur payeur ». Au Kenya, l'État a mis en place une taxe sur les véhicules anciens et limité l'âge des véhicules pouvant être importés à huit ans au maximum.*

- *La définition du prix de l'électricité.* Lee et al. (2014) indiquent que la grande majorité des ménages kényans situés à quelques centaines de mètres du réseau électrique n'y sont pas reliés en raison des frais de raccordement élevés. Une directive présidentielle publiée en mai 2015 a réduit ces frais, qui sont passés d'environ 35 dollars US à 15 dollars US, payables en plusieurs fois sur les factures mensuelles, ce qui devrait contribuer à accroître le nombre de raccordements au réseau.
- *La tarification des ressources et la gestion de la consommation aux fins d'efficacité et d'équité.* La tarification est le facteur de décision le plus déterminant pour les communautés pauvres. C'est pourquoi une innovation respectueuse du climat telle qu'un appareil de cuisson propre à haute efficacité énergétique, présentant des avantages climatiques et sanitaires indéniables pour les populations pauvres et coûtant 50 dollars, ne bénéficiera à de nombreux ménages que dans plusieurs décennies. L'application de prix différenciés peut aider à limiter la consommation ou permettre à d'autres segments de la société d'avoir accès aux ressources rares.
- Tout comme l'énergie, l'eau est une ressource naturelle essentielle, qui peut être gérée par le biais de politiques favorables aux populations pauvres liant les impacts pour les populations concernées en matière de distribution et d'efficacité à de possibles bénéfices climatiques. Certains pays comme l'Afrique du Sud ont différencié les tarifs de l'eau en les rendant plus abordables pour les consommateurs pauvres que pour les consommateurs aisés.

(ii) Politiques environnementales et climatiques

La plupart des pays à faible revenu s'appuient sur leur capital naturel pour élaborer une stratégie de développement respectueuse du climat. Au Kenya, par exemple, la plantation d'arbres serait la manière la plus économique de lutter contre le changement climatique (PNUE, 2009). Ceci implique que les pays à faible revenu se concentrent sur la gestion de l'environnement et des ressources naturelles.

Politiques environnementales

Les politiques environnementales sont cruciales en matière de changement climatique et étroitement liées les unes aux autres. Les politiques relatives à la gestion des déchets, à l'énergie, à la pollution de l'air, à la santé humaine et à la sylviculture ont prouvé leur efficacité. Par souci de concision, seule l'expérience du Kenya est présentée dans ce chapitre.

Les politiques ayant incité à réduire les déchets par le biais d'une utilisation plus efficace des ressources et d'une production moins polluante ont encouragé les industries à investir dans des technologies et processus propres, générant souvent de multiples gains, augmentation des bénéfices, respect de la réglementation et des politiques environnementales, part de marché importante et durable, et amélioration de l'image de marque. Le cas de Chandaria Industries Limited fait figure d'exemple. Sa ligne de produits d'hygiène corporelle a obtenu d'excellents résultats grâce à des audits énergétiques réguliers gratuits ou

peu coûteux, qui ont permis de réduire respectivement de 25 %, 2 % et 63 % la consommation d'énergie, de matériel et d'eau lors du processus de fabrication (PNUE, 2015).

Les politiques énergétiques, en particulier celles portant sur la consommation des ménages, sont étroitement liées à l'atténuation du changement climatique, à la pollution intérieure et à la santé humaine. Dans les pays à faible revenu comme le Kenya, où plus de 70 % des ménages utilisent le bois comme principale source d'énergie pour la cuisson et cuisinent encore sur des foyers à trois pierres traditionnels, les politiques visant à promouvoir le choix d'appareils de cuisson plus propres présentent également l'avantage de contribuer à améliorer la santé de la population. Il est prouvé que le choix d'appareils de cuisson améliorés présentant un meilleur rendement thermique offre la possibilité de réduire les maladies respiratoires chroniques associées à la pollution intérieure induite par des polluants organiques de courte durée de vie, comme la suie émise par les appareils de cuisson traditionnels. Selon l'Organisation mondiale de la Santé, ces émissions sont à l'origine de 14 300 décès par an au Kenya (Global Alliance for Clean Cookstoves, 2013).

L'utilisation de technologies propres et efficaces à base de bois offre la possibilité de réduire les émissions de GES en ralentissant le rythme de la déforestation. Comme l'explique Angelsen dans sa contribution au présent ouvrage⁵, l'initiative REDD+ est très prometteuse, mais ne s'est pas encore concrétisée en raison du manque de soutien financier et de la lenteur des engagements politiques et décisionnels en faveur de la préservation des forêts. À ces limitations vient s'ajouter la volatilité des marchés du carbone, contrôlés au niveau international. Si les pays développés transforment leurs systèmes de consommation et de production, et adoptent des technologies hautement efficaces réduisant les émissions de GES, il est probable que les systèmes de plafonnement et d'échange actuels s'effondreront.

Politiques directement liées au changement climatique

Après la COP15, les pays à faible revenu ont commencé à élaborer des politiques visant à atténuer le changement climatique. Certaines sont influencées par la nécessité d'encourager le développement national tout en appliquant les décisions de la CCNUCC. Par exemple, au Kenya, le changement climatique est intégré dans le processus de planification nationale aux niveaux national et régional, et concerne aussi bien les acteurs étatiques que non étatiques. Les centres d'innovation climatique créés dans le cadre du programme InfoDev de la Banque mondiale ont eu un impact positif en mobilisant des investissements en faveur de la lutte contre le changement climatique à différents niveaux et différentes échelles. Initialement basés au Kenya, les centres d'innovation climatique se sont étendus à d'autres régions en développement comme les Caraïbes, mais également à l'Afrique du Sud, au Ghana et au Vietnam. Les solutions technologiques proposées par ces centres (comme la production

5. Voir le chapitre 28 de ce volume par Arild Angelsen : *Quel avenir pour la REDD+ ?*

hydroponique de fourrage pour le bétail au Kenya) limitent la libération de carbone stocké dans le sol et contribuent ainsi à l'atténuation du changement climatique, bien que leur impact n'ait pas encore été quantifié. La mise en place de telles solutions technologiques dans les pays à faible revenu nécessite des financements qui restent pour l'instant flous.⁶

5. Objectifs que devraient viser les pays en développement lors des négociations

Lors des prochaines négociations sur le changement climatique, les pays à faible revenu devront prendre en considération de nombreuses problématiques sociales comme l'inclusion sociale, l'élimination de la pauvreté absolue, la garantie de l'emploi (en particulier pour les jeunes), l'équité, la gestion des risques liés au climat, le développement fondé sur les droits, le droit à vivre dans un environnement propre, l'éducation, ainsi que les questions liées au genre et à la jeunesse.

Comme évoqué précédemment, il faudra lors des négociations gérer le risque d'un manque d'attention portée à l'adaptation au changement climatique. Ce risque apparaît clairement dans un rapport du PNUE (2005) sur les actions menées par les villes, les industries et d'autres acteurs non étatiques dans le domaine du changement climatique. Ce rapport montre que, sur plus de 180 de ces initiatives analysées, moins de 10 font référence à l'adaptation au changement climatique, ce qui indique une attention excessive portée aux activités d'atténuation, tandis que les pays à faible revenu ont besoin que l'on mette rapidement l'accent sur les mesures d'adaptation. Le manque de poids accordé aux initiatives axées sur l'adaptation au changement climatique dans l'élaboration des INDC suggère que les engagements pris ne pourront peut-être pas être respectés en raison des capacités de mise en œuvre limitées des pays à faible revenu. Ceci implique qu'il faut mettre l'accent sur la transparence en ce qui concerne les pays à revenu élevé, en mettant en place un système de mesure, notification et vérification (MNV) efficace⁷. À la lumière de ces observations, les pays à faible revenu doivent envisager les axes de négociation suivants afin de s'assurer que l'accord proposé continue à répondre à leurs objectifs politiques et que les communautés pauvres soient en mesure de s'adapter à l'évolution des conditions climatiques.

Plus concrètement, l'évaluation de la position commune du Groupe des 77 et de la Chine et de celle de l'Afrique en vue de la COP20, ainsi que les résultats des négociations intersessions qui se sont respectivement tenues à Genève et à Bonn en février et en juin 2015, suggèrent que les axes de négociation socialement pertinents doivent inclure les points suivants:

6. Voir le chapitre 33 de ce volume par Barbara Buchner et Jane Wilkinson : *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »*.

7. Voir le chapitre 12 de ce volume par Joseph E. Aldy et William A. Pizer : *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions : indicateurs et institutions*.

- l'égalité prise en compte de l'adaptation au changement climatique, de son atténuation et des moyens de mise en œuvre dans le pacte climatique ;
- des actions d'atténuation ambitieuses en ce qui concerne les pays à faible revenu et, pour les pays développés, des objectifs de réduction des GES spécifiques qui puissent faire l'objet de mesures, notifications et vérifications, de manière à générer une nette diminution des émissions mondiales conforme au scénario de réchauffement de 2 °C, sur la base d'un niveau de référence uniforme pour l'ensemble des parties ;
- une architecture financière permettant aux pays à faible revenu d'accéder facilement à des financements prévisibles et suffisants en vue de l'adoption et du déploiement à différentes échelles de technologies respectueuses du climat et générant peu d'émissions ;
- un financement adapté du renforcement des capacités permettant de diffuser les connaissances et de faire comprendre aux acteurs nationaux et communautaires l'impact des modes de vie non durables et l'importance des technologies respectueuses du climat ;
- des financements internationaux ambitieux pour des mesures d'adaptation, conformes aux engagements de Cancún en matière de financement de l'action climatique, soit 100 milliards de dollars par an d'ici 2020 ; pour les périodes suivantes, il conviendra de planifier et de mobiliser des financements prévisibles et suffisants (de grande ampleur et croissants) ;
- bien que l'accord, qui succède au protocole de Kyoto, s'applique à l'ensemble des parties, son élaboration devra rester conforme à la Charte de la CCNUCC, qui définit le principe des responsabilités communes mais différenciées comme élément fondamental de l'architecture mondiale de lutte contre le changement climatique. Ce principe est essentiel pour permettre à la communauté internationale d'atteindre la totalité des engagements, dans la mesure où les pays à faible revenu sont les plus vulnérables au changement climatique⁸.

La lenteur des négociations de Bonn en juin 2015 et la décision prise par les parties d'autoriser les coprésidents à travailler sur le texte laissent présager davantage de difficultés. Quels que soient la nature et le contenu de l'accord, les pays à faible revenu ont avant tout besoin d'actions radicales visant à prévenir toute dégradation supplémentaire des conditions climatiques. Par ailleurs, le renforcement des capacités des communautés vulnérables à s'adapter au changement climatique ne doit pas faire l'objet de négociations mais d'une action immédiate de la part de l'ensemble des parties.

8. Voir le chapitre 5 de ce volume par A. Mekonnen : *La situation vue de l'Afrique*.

Références

- Africa Progress Panel, 2014, « L’Africa Progress Panel organise une réunion sur le changement climatique à l’approche du sommet de Paris », 31 octobre, disponible à l’adresse : <http://www.africaprogresspanel.org/lafrica-progress-panel-organise-une-reunion-sur-le-changement-climatique-a-laproche-du-sommet-de-paris/>.
- BIRDSALL N., 2015, « Does the Rise of the Middle Class Lock in Good Government in the Developing World », *European Journal of Development Research* 27(2), p. 217-229.
- CASTRO P. et MICHAELOWA A., 2008, *Climate strategies Report: Empirical Analysis of CDM Projects*, Cambridge, Royaume-Uni, Climate Strategies, disponible en anglais à l’adresse : <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/empirical-done.pdf>.
- Global Alliance for Clean Cook-stoves, 2013, « Kenya Country Action Plan (CAP) 2013 », disponible en anglais à l’adresse : http://cleancookstoves.org/resources_files/kenya-country-action-plan.pdf.
- Gouvernement du Kenya, 2009, « Draft National Policy for Disaster Risk Management in Kenya », ministère d’État pour les programmes spéciaux, bureau du président.
- Gouvernement du Kenya, 2012, « National Climate Change Mitigation Analysis », ministère de l’Environnement et des Ressources naturelles, Nairobi.
- Gouvernement du Kenya, 2015, « Kenya’s Intended Nationally Determined Contribution (INDC) », soumission au secrétariat de la CCNUCC.
- Green Growth Knowledge Platform (GGKP), 2015, *Fiscal Policies and the Green Economy Transition: Generating Knowledge-Creating Impact*, rapport de la 3^e conférence annuelle, Venise, 29-30 janvier, disponible en anglais à l’adresse : http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/Conference_report_design2.pdf.
- HSIANG S., BURKE M. et MIGUEL W., 2013, « Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict », *Science* 341 (6151).
- LEE K., BREWER E., CHRISTIANO C., MEYO F., MIGUEL E., PODOLSKY M., ROSA J. et WOLFRAM C., 2014, « Barriers to Electrification for ‘under grid’ households in rural Kenya », document de travail du NBER n° 20327, Cambridge, Massachusetts, États-Unis.
- MOARIF S. et RASTOGI N.P., 2012, « Market-based climate mitigation policies in emerging economies », Center for Climate and Energy Solutions, Arlington, Virginie, États-Unis, disponible en anglais à l’adresse : <http://www.c2es.org/docUploads/market-based-climate-mitigation-policies-emerging-economies.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l’environnement (PNUE), 2009, *Kenya: Atlas of Our Changing Environment*, Nairobi.
- Programme des Nations Unies pour l’environnement (PNUE), 2015, *Climate commitments of subnational actors and business: A quantitative assessment of their emission reduction impact*, Nairobi.

- SHOVE E., 2010, « Beyond the ABC: climate change policy and theories of social change », *Environment and Planning A*, vol. 42, p. 1273-1285, disponible en anglais à l'adresse : <http://core.ac.uk/download/pdf/6249392.pdf>.
- Union africaine, 2014, *Agenda 2063 – L'Afrique que nous voulons*, 2^e édition, Addis-Abeba, disponible à l'adresse : http://agenda2063.au.int/en/sites/default/files/agenda2063_popular_version_05092014_FR.pdf.

Chapitre 28

Quel avenir pour la « REDD+ » ?

Arild Angelsen¹

« La mise en œuvre de mesures efficaces contre la déforestation permettrait de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre de façon rapide et rentable. La technologie requise est simple et connue depuis des milliers d'années. Nous savons tous comment ne pas couper un arbre. » (Jens Stoltenberg, [alors] Premier ministre norvégien, COP13, 2007)

Le secteur AFAUT (agriculture, foresterie et autres utilisations des terres) est responsable de 24 % des émissions mondiales de GES (Smith *et al.*, 2014). Selon les estimations, la déforestation des forêts tropicales explique à elle seule environ 10 % des émissions mondiales (Harris *et al.*, 2012). Ces régions auront toutefois une place beaucoup plus importante dans le futur programme international d'atténuation des émissions, dans la mesure où elles permettent des solutions d'atténuation à des coûts comparativement plus faibles et donc plus rentables. L'initiative REDD+ est le fer de lance des programmes visant à réduire les émissions de carbone forestier. Acronyme de « réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement, et rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement », c'est l'une des initiatives les plus importantes de ces dix dernières années dans les négociations internationales sur le climat. Elle a notamment permis de donner une visibilité sans précédent aux problématiques liées aux forêts dans les sphères publiques et privées. Tout nouvel accord viendra compléter le Cadre de Varsovie (COP19 de la CCNUCC en 2013) en vue de définir le cadre de fonctionnement d'un mécanisme REDD+ international. Mission accomplie ?

En réalité, pas tout à fait. Les financements censés soutenir un mécanisme REDD+ international n'ont toujours pas été mis en place, qu'ils proviennent des marchés du carbone ou d'autres sources. Au niveau national, la mise en œuvre de la REDD+ s'est essentiellement axée sur le renforcement des capacités, tandis que les réformes politiques nécessaires à l'accélération des pro-

1. Je tiens à remercier les éditeurs, Michael Bucki, Maria Brockhaus, Jan Börner, Amy Duchelle, Leif John Fosse, Anne Larson, Christopher Martius, Ashwin Ravikumar, Denis Sonwa, William Sunderlin, Lou Verchot, Christina Voigt, Grace Wong et Sven Wunder pour leurs contributions et commentaires extrêmement utiles concernant la première version du présent chapitre. Toutes les opinions exprimées ici sont celles de l'auteur.

jets REDD+ se heurtent à l'opposition d'intérêts privés profondément ancrés. Dix ans après la première évocation de la REDD+ dans le programme de la CCNUCC (2005), sa mise en œuvre à une échelle qui permette une réduction importante des émissions est toujours en suspens.

L'optimisme qui prévalait au départ transparait au travers de la citation présentée au début du présent chapitre ainsi que de l'influente Stern Review. Selon cette dernière, le niveau souvent faible des coûts d'opportunité associés à la conservation des forêts allait permettre de réduire les émissions rapidement et à moindre coût (Stern, 2006, p. IX). Faute avoir atteint une échelle significative, la REDD+ suscite un scepticisme grandissant, que j'attribue en partie à l'interprétation qui en a été faite (voir notamment la section 1.1 plus loin). Si l'on considère la REDD+ comme un mécanisme de financement à grande échelle – des pays développés vers les pays en développement – et axé sur les résultats, celle-ci est alors un échec et n'atteindra sans doute jamais l'envergure souhaitée (section 1.2). En revanche, en la considérant comme un ensemble de politiques menées à différents niveaux, il apparaît alors que des progrès importants ont été faits vers l'objectif final de réduction des émissions (section 1.3).

L'avenir de la REDD+ repose sur la réussite des actions menées dans trois domaines. Tout d'abord, les pays en développement doivent accroître leurs initiatives dans le cadre de la REDD+, notamment les programmes de réduction des émissions de carbone forestier, et les intégrer à leurs contributions dans le cadre de l'atténuation du réchauffement climatique (section 2.1). À cette dimension doivent s'ajouter les initiatives des entreprises pour répondre aux attentes des consommateurs, notamment la gestion écologique de la chaîne d'approvisionnement et l'utilisation de matières premières non issues de la déforestation (section 2.2). L'aide internationale au renforcement des capacités doit se poursuivre, bien qu'elle se limite à des incitations financières partielles et à la compensation des coûts d'opportunité associés à la conservation forestière (section 2.3).

1. Le point sur la REDD+

1.1. Perspectives futures

L'initiative REDD+ a vu le jour dans le cadre des négociations internationales sur le climat (CCNUCC) avec l'ambition de créer un mécanisme d'incitation et de compensation mis en place par les pays développés (pays de l'Annexe I) afin d'encourager les pays en développement (ceux qui ne figurent pas à l'Annexe I) à atténuer leurs émissions. Ce mécanisme de rétribution, axé sur les résultats, pourrait être reproduit à l'échelle des pays afin que les propriétaires des forêts et leurs usagers soient incités à accroître les stocks de carbone forestier en échange de compensations. D'autres politiques, notamment l'obligation de créer des zones forestières protégées, devaient également jouer un rôle important dans le déploiement de la REDD+ à l'échelle locale et nationale. Si la CCNUCC fournit un cadre aux négociations et aux décisions, la plupart

des actions sont le fruit de donateurs multi et bilatéraux, d'administrations nationales et fédérales ou encore d'acteurs privés (entreprises et ONG).

Dans ce processus, l'évolution de la REDD+ s'articule autour de trois axes (Angelsen et McNeill, 2012). Tout d'abord, la REDD+, au départ centrée sur la « stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère » (2005 à 2008), a depuis élargi ses ambitions à la protection de la biodiversité, la lutte contre la pauvreté/l'amélioration des moyens de subsistance des populations locales, les droits des peuples autochtones, la bonne gouvernance et l'adaptation aux changements climatiques (ces objectifs étant généralement appelés « avantages connexes » ou « avantages hors carbone »).

Ensuite, en termes de mise en œuvre, le modèle de paiement basé sur les résultats a évolué vers un portefeuille de politiques. La création d'un marché pour valoriser les services rendus par les forêts implique une demande (créée par le plafonnement des émissions), des produits, c'est-à-dire des réductions d'émissions certifiées (émissions mesurées et niveau de référence crédible), des vendeurs bien identifiés (notamment leurs droits sur le carbone) et un marché réglementé (Angelsen, 2014). Dans la mesure où ces éléments font encore défaut dans la plupart des pays, la REDD+ doit s'élargir pour devenir un ensemble de politiques nationales de conservation des forêts (Angelsen, 2009). Le paiement basé sur les résultats est toujours considéré comme un élément central des politiques et des projets de la REDD+, mais sous des formes différentes et en parallèle d'autres instruments (Sills *et al.*, 2014).

Enfin, le financement de la REDD+ devait initialement provenir d'un marché international du carbone. Cette demande de crédits REDD+ ne s'est pas concrétisée, en l'absence d'un accord mondial sur le climat intégrant les crédits REDD+ aux systèmes de plafonnement et d'échange, soit en tant que mécanisme de compensation dans le cadre d'un marché obligatoire du carbone, soit indirectement, par exemple par le biais de mises aux enchères des quotas d'émission qui permettraient d'alimenter un fonds mondial REDD+. À l'heure actuelle, la REDD+ repose donc à 90 % sur des fonds publics, en particulier ceux consacrés à l'aide publique au développement (APD) (Norman et Nakhooda, 2014).

1.2. Négociations et engagements internationaux

La treizième Conférence des Parties (COP) de la CCNUCC a abouti à l'adoption du Cadre de Varsovie pour la REDD+, dont les décisions concernent la finance, la coordination, les activités de suivi à l'échelle nationale, les garanties, les niveaux de référence, les mécanismes de mesure, notification et vérification (MNV) et les facteurs déterminants mais plusieurs points restent encore en suspens (les garanties et les avantages hors carbone). Cet accord a été une avancée majeure sur le plan diplomatique, compte tenu des opinions et intérêts divergents des parties, bien que la clarté, la spécificité et la définition d'actions concrètes aient été quelque peu laissées pour compte. Plus important, un mécanisme de financement à grande échelle doit encore être mis en place, même si des décisions reconnaissent déjà que « le Fonds vert pour le climat joue un

rôle central dans l'affectation aux pays en développement de ressources financières [...], et qu'il catalyse le financement en faveur du climat» (CCNUCC, 2011, FCCC/CP/2011/6/Add.1 <http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/fr/06f.pdf>). Il est en outre prévu que les pays développés (pays de l'Annexe I) soient les principaux bailleurs du Fonds vert pour le climat. Lors de la seizième COP (Cancún, 2010) ils se sont engagés à contribuer à hauteur de 100 milliards de dollars US par an, d'ici 2020. Le doute plane cependant sur le respect de cet engagement ainsi que sur la part des fonds qui seront affectés à la REDD+.

Les fonds internationaux promis à la REDD+ ont représenté environ 8,7 milliards de dollars entre 2006 et 2014, avec une baisse des contributions annuelles après 2010 (à environ 605 millions de dollars) (Norman et Nakhlooda, 2014). Tandis que certains donateurs testent des dispositifs « allégés » de financement basé sur les performances, au moins 61 % des fonds publics engagés jusqu'à présent sont consacrés à la phase de préparation à la REDD+, notamment le renforcement des capacités et les systèmes d'information. Les trois quarts des fonds proviennent de cinq pays donateurs (Norvège, États-Unis, Allemagne, Japon et Royaume-Uni), la Norvège étant la figure de proue de la REDD+ (avec 41 % du financement total, soit 3,5 milliards de dollars). Une grande partie de ces fonds est affectée par l'intermédiaire de programmes multilatéraux²; la Norvège a en outre conclu des accords bilatéraux avec le Brésil et l'Indonésie, chacun représentant un milliard de dollars. Ces deux pays devraient se voir attribuer environ 40 % du financement international, ce qui s'explique par l'étendue de leur forêt tropicale et leur volume d'émissions, mais semble discutable en tant qu'aide au développement visant principalement à faire reculer la pauvreté.

La somme des engagements en cours avoisine les 10 milliards de dollars. Jamais un projet environnemental dans les pays en développement n'avait mobilisé des financements aussi importants. Ces derniers ne représentent pourtant qu'une faible part du montant qui serait nécessaire pour compenser les réductions d'émissions obtenues dans les pays participants. Ainsi, en tenant compte du rythme actuel de déforestation et sur la base d'un prix de 5 dollars par tonne de CO₂, la compensation de la réduction de la moitié des émissions coûterait entre 9 et 10 milliards de dollars par an³. La probabilité que cet écart de financement soit comblé à court terme étant presque nulle, la REDD+, en tant que mécanisme international axé sur les résultats, risque de ne jamais atteindre ses ambitions en termes d'envergure et de rôle, malgré ses nombreux attraits, notamment le fait que la réduction des émissions de carbone forestier

2. Ces programmes comprennent le Fonds bio carbone de la Banque mondiale, le Programme d'investissement forestier (PIF) et le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier (FCPF), le programme ONU-REDD et le Fonds forestier du Bassin du Congo.

3. En faisant l'hypothèse que les émissions (entre 2000 et 2010) résultant du déboisement des forêts tropicales représentent environ 1 GtCO₂/an (Baccini *et al.*, 2012) au prix de 5 dollars/tCO₂, une réduction de la moitié des émissions grâce à la REDD+ (les émissions historiques constituant le niveau de référence) impliquerait des transferts annuels vers les pays participants s'élevant à 9,2 milliards de dollars (1x3,67x0,5x5 = 9,2).

reste l'une des options les plus rentables pour atténuer les émissions.

1.3. Politiques nationales et réalités locales

Le Brésil s'est révélé un modèle en matière de réduction des émissions de carbone forestier. Depuis 2009, le rythme de déforestation annuel de la forêt amazonienne est quatre fois inférieur à celui de la période 2001-2008 (www.inpe.br). Plusieurs facteurs expliquent ce recul, notamment l'arrêt des subventions agricoles, l'octroi de crédits agricoles conditionnels, la création de zones protégées, l'application plus stricte des lois et règlements, des mesures concernant la chaîne d'approvisionnement ainsi que l'appréciation du réal jusqu'en 2011, qui a rendu les exportations moins attractives (voir notamment Nepstad *et al.*, 2014)⁴. Les développements récents sont toutefois inquiétants. Certains signes indiquent une recrudescence de la déforestation au niveau régional ainsi qu'un allègement des politiques de conservation⁵. La version révisée du Code forestier (2012) a élargi les surfaces forestières légalement exploitables, rendu la création de zones protégées plus difficile et donné plus de poids aux groupes de pression en faveur du développement et de l'agriculture au détriment des intérêts environnementaux.

L'exemple brésilien montre que des réformes politiques d'envergure, affectant directement le rapport coûts-bénéfices des propriétaires terriens, peuvent avoir des retombées de taille. Bien que la plupart des réformes politiques aient été engagées avant la création de la REDD+ et que le pays ne dispose d'aucune stratégie nationale à ce titre, les enseignements tirés de l'expérience brésilienne (et d'autres pays comme le Costa Rica et le Mexique) n'en sont pas moins intéressants.

L'Indonésie, un autre acteur important de la REDD+, a entrepris un certain nombre de réformes politiques, dont les retombées sur le taux de déforestation restent à mesurer⁶. La « Lettre d'intention » relative à l'aide apportée par la Norvège (2010) s'est traduite par un moratoire de deux ans sur tout nouveau permis de conversion des forêts à compter de mai 2011 (et prolongé deux fois depuis, jusqu'à mai 2017). L'efficacité réelle du moratoire fait l'objet de débats dans la mesure où ce dernier est limité aux forêts et tourbières primaires, rendant possible la conversion de plus de 40 millions d'hectares exploités. Il comporte en outre certaines lacunes, notamment le fait qu'il ne s'applique qu'aux nouvelles concessions, à l'exception de la production de matières premières essentielles. Les réformes supplémentaires menées dans les domaines bureaucratiques et juridiques en faveur de la gestion traditionnelle des espaces forestiers, ainsi que l'évolution récente des pratiques observées dans le secteur

4. L'influence du taux de change du réal sur la déforestation est soulignée dans Arcand *et al.* (2008).

5. Voir notamment : http://e360.yale.edu/feature/what_lies_behind_the_recent_surge_of_amazon_deforestation/2854/.

6. Si la déforestation a nettement reculé en 2013 après une décennie d'intensification, il est encore trop tôt pour savoir si cette tendance va se confirmer et si elle résulte de la baisse des cours des matières premières (huile de palme) ou des réformes menées (voir <http://blog.globalforestwatch.org/2015/04/tree-cover-loss-spikes-in-russia-and-canada-remains-high-globally/>).

privé, sont toutefois encourageantes.

La République démocratique du Congo, troisième pays en termes de superficie de sa forêt tropicale, affiche des taux de déforestation bas comparables à ceux du Brésil en raison de la guerre civile, de l'instabilité politique permanente et des difficultés d'accès aux forêts aux fins d'exploitation commerciale. Dans ce pays, le défi principal va être de conserver ce rythme de déforestation tout en garantissant la paix et le développement économique. Si la mise en œuvre de la REDD+ dans des États aussi fragiles s'accompagne d'enjeux spécifiques (Karsenty et Ongolo, 2012), cette transition représente aussi une opportunité unique et la République démocratique du Congo a déjà accompli de grands progrès dans le cadre de la REDD+ (Lee et Pistorius, 2015).

En République démocratique du Congo comme dans les autres pays participants, les difficultés d'ordre économique et politique constituent un frein considérable, si ce n'est le principal. Si la déforestation existe, c'est parce qu'elle profite à certaines personnes ou entreprises, des petits propriétaires africains pauvres aux riches éleveurs de bétail brésiliens en passant par les sociétés indonésiennes de production d'huile de palme. Les gros bénéficiaires ont souvent suffisamment d'influence pour bloquer ou ralentir la mise en place de certaines réformes, et alors que la REDD+ a été créée pour rentabiliser – et donc encourager – la conservation forestière, le rapport coûts-bénéfices n'a pas fait pencher la balance dans ce sens pour la plupart des propriétaires fonciers. On peut également se demander s'il est vraiment nécessaire de compenser tous les coûts d'opportunité liés à la conservation pour tous les acteurs. L'utilisation de l'aide au développement (c'est à dire la majorité du financement international) au profit des acteurs riches et puissants de la déforestation se justifie-t-elle ?

Cette question est particulièrement importante compte tenu des lacunes du processus initial d'attribution des concessions forestières et des droits fonciers.

Un consensus large a vu le jour en réponse à ce problème, préconisant le recours à la réglementation directe (concessions, licences, exigences minimales de gestion durable des forêts) pour détourner les gros propriétaires (grandes exploitations agricoles et sociétés) des activités de déforestation sans compensation. S'agissant des petits exploitants (secteur agricole de semi-subsistance), ils doivent être incités à conserver les forêts par le biais de programmes intégrés de conservation et de développement, qui constituent le point d'orgue des initiatives internationales menées dans ce domaine depuis plusieurs décennies. Ce type de programme associe généralement plusieurs types d'interventions, notamment l'information et l'éducation, la gestion et le contrôle au niveau local, la réglementation directe, la création de revenus alternatifs et, plus récemment, avec les projets menés dans le cadre de la REDD+, des dispositifs de paiement basé sur les performances au profit des communautés ou des personnes (Sunderlin et Sills, 2012).

Des projets locaux et infranationaux ont été déployés dans 47 pays dans le cadre de la REDD+. La plupart résultent d'initiatives indépendantes et non d'une véritable stratégie nationale au titre de la REDD+ (Simonet *et al.*, 2014). Selon les conclusions de l'examen détaillé de 23 initiatives par de Sassi *et al.*

(2014, p. 421), si la plupart des projets pilotes ont atteint leurs objectifs, « la transition vers des interventions durables au titre de la REDD+ s'avère difficile ». Seules quatre d'entre elles ont atteint le stade de la vente des crédits carbone issus des forêts concernées. De façon plus générale, le manque de financements a empêché de contrecarrer les logiques politiques et économiques qui cherchent à maintenir le *statu quo* en faveur du déboisement et de la dégradation des forêts. D'autres difficultés viennent s'ajouter, indétermination et précarité des droits fonciers et des droits sur le carbone, doutes relatifs aux garanties et avantages connexes visant à protéger les moyens de subsistance des parties prenantes locales, prise en compte insuffisante des apprentissages issus des pratiques locales à l'échelle des politiques nationales.

La conception et la mise en œuvre des programmes liés à la REDD+ s'accompagnent de difficultés techniques et pratiques largement sous-estimées du fait de l'existence des technologies de télédétection. La réalité est pourtant beaucoup plus complexe car les problèmes sont rarement purement techniques et se mêlent aux considérations politiques et aux divergences d'intérêts des parties prenantes. L'estimation de l'évolution des stocks de carbone forestier et la définition de facteurs d'émission crédibles nécessitent des vérifications sur le terrain. Il est également nécessaire de coordonner et d'harmoniser les informations entre les différentes sphères et leurs acteurs afin d'éviter de reproduire l'exemple de l'Indonésie, où l'utilisation d'une multitude de cartes forestières sans cohérence et les doutes relatifs à la taille et l'emplacement des concessions ont ralenti le processus de mise en place de la REDD+. Enfin, des niveaux de référence réalistes sont nécessaires pour estimer les réductions d'émissions réelles (par comparaison au scénario de maintien du *statu quo*) et contrôler leur additionnalité⁷.

La REDD+ a néanmoins favorisé certains progrès en matière de gouvernance des forêts, qui résultent en partie des avancées majeures réalisées dans le domaine de la surveillance des forêts. Ainsi, les zones de forêt tropicale dotées de (très) bonnes capacités d'inventaire forestier représentent en 2015 66 % de la superficie forestière totale contre 38 % en 2005 (Romijn *et al.*, 2015). Les pays ayant participé à des programmes de renforcement des capacités ont enregistré des résultats supérieurs. Il est intéressant de noter que les pays initialement dotés de capacités de surveillance médiocres ont eu tendance à surestimer la perte nette de leur superficie forestière. Si cela peut paraître positif, il faut également y voir un point d'attention afin d'éviter que ces taux exagérés ne deviennent la référence pour mesurer la réussite des programmes et effectuer les paiements.

7. Voir le chapitre 12 de ce volume par J. Aldy et W. Pizer: *Comparaison des engagements d'atténuation des émissions: indicateurs et institutions*.

2. Les perspectives d'avenir de la REDD+

Toute proposition visant à sortir de l'impasse climatique doit essayer de : (i) se conformer aux exigences liées au respect de l'objectif des 2 °C et de (ii) tenir compte des réalités politiques. De nombreuses propositions sont critiquées – à raison – pour leur manque d'exhaustivité et/ou de réalisme. La présente section présente trois dimensions essentielles pour l'avenir, les engagements et les politiques nationales, les entreprises et les consommateurs ainsi que les accords et les financements internationaux. Le choix de ces thématiques repose sur trois observations.

Tout d'abord, les politiques nationales sont le premier facteur d'influence des taux de déforestation devant le financement international et les projets locaux menés dans le cadre de la REDD+. Ensuite, la déforestation est de plus en plus la conséquence du commerce international entre des entreprises multilatérales qui dominent les chaînes d'approvisionnement. Enfin, à court et moyen terme, le régime climatique mondial prendra vraisemblablement la forme d'un système *bottom-up* « d'engagement et de vérification » (système *pledge and review*) basé sur les contributions prévues déterminées au niveau national (INDC)⁸.

2.1. Politiques et engagements nationaux

Pour que la conservation des forêts se traduise par une réduction drastique des émissions, il faudra progressivement en faire la contribution des pays de la REDD+ à la campagne mondiale d'atténuation du changement climatique et l'intégrer aux stratégies nationales en matière d'écologie, de réduction des émissions de GES et de carbone ou de développement durable. Conformément au « principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives, tout en tenant compte des différences existant dans la situation de chaque pays » (CCNUCC, 2014, paragr. 3) du régime climatique de l'après-2020, cela pourrait conduire les pays à revenu intermédiaire à intégrer une partie de la REDD+ à leurs objectifs nationaux et à exprimer le reste sous la forme d'engagements subordonnés au soutien international.

Dans leur analyse des mécanismes politiques des principaux pays de la REDD+, Di Gregorio *et al.* (2012, p. 69) expliquent que « quatre conditions doivent être remplies pour surmonter les contraintes politiques et économiques qui font obstacle à la réussite de la REDD+ en matière de réduction des émissions de GES » : (i) l'indépendance relative de l'État vis-à-vis des principaux intérêts en faveur du déboisement et de la dégradation des forêts, (ii) l'élaboration à l'échelle nationale des politiques liées à la REDD+, (iii) le caractère inclusif de ces politiques, et (iv) la présence de coalitions appelant à la mobilisation en faveur du changement ». Lorsque les actions menées dans le cadre de la REDD+ s'inscrivent dans une dimension internationale, leurs retombées sur le terrain sont extrêmement limitées.

8. http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php.

Les gouvernements nationaux doivent donc être la figure de proue des initiatives visant à réduire les émissions forestières, dans la mesure où cela relève de leurs compétences, voire même de leur responsabilité. Ils disposent pour cela d'un éventail de politiques spécifiques et éprouvées. Plusieurs ouvrages détaillent ces dernières (Angelsen, 2010 ; Angelsen et Ruden, 2013), qui consistent notamment à (i) réduire/supprimer les subventions agricoles accordées aux agents/cultures/zones responsables de la déforestation, (ii) éviter de construire des routes qui facilitent l'accès aux zones forestières, et (iii) instaurer ou imposer la création de zones protégées.

Le problème de la subvention des émissions ne concerne pas seulement les combustibles fossiles. Un rapport récent de l'Overseas Development Institute souligne les effets pervers des subventions versées aux producteurs de matières premières essentielles, comme le bœuf et le soja au Brésil, ou l'huile de palme et le bois en Indonésie. Les subventions versées à ces deux pays représentent au total 40 milliards de dollars par an. « Ces subventions risquent d'encourager les investissements privés dans des activités qui accélèrent la déforestation au détriment du financement de projets dans le cadre de la REDD+ » (McFarland *et al.*, 2015, p. 43). Réduire ces subventions ou les subordonner à des pratiques « zéro déforestation » serait bénéfique pour la conservation et le développement, même si ce type de réforme s'effectuerait au détriment de certains intérêts.

2.2. Entreprises et consommateurs

Parallèlement au mécanisme de la CCNUCC, la REDD+ a vu naître de nombreuses initiatives nationales et internationales en partenariat avec le secteur privé. Sur le plan national, l'exemple le plus remarquable est celui du moratoire sur le soja adopté au Brésil en 2006, par lequel les commerçants se sont engagés à ne pas vendre du soja provenant d'exploitations ayant dégradé la forêt amazonienne (Nepstad *et al.*, 2014). Au niveau international, des initiatives « zéro déforestation » ont incité plusieurs multinationales à rendre leur chaîne d'approvisionnement plus écologique⁹. Des études menées auprès de dirigeants d'entreprises confirment également que la réputation de leur société, l'intérêt que leur portent les médias et les pressions exercées par les consommateurs constituent les principaux facteurs qui les incitent à prendre en compte les problématiques liées au climat, loin devant la réglementation et les opportunités d'investissement (Enkvist et Vanthournout, 2008). La question de la sécurité des approvisionnements (dans les zones où la production ne remplit pas les critères de durabilité) va sans doute occuper une place grandissante au vu de la « guerre des terres » et de l'intensification des phénomènes climatiques extrêmes, tant du point de vue de leur fréquence que de leur gravité. Les signataires de la Déclaration de New York sur les forêts (2014)¹⁰ se sont

9. La fiche d'évaluation relative à l'huile de palme (*Palm oil scorecard*) illustre cet aspect : <http://www.ucsusa.org/global-warming/stop-deforestation/palm-oil-scorecard-2015#.VYPpofnq3St>.

10. Le texte de la déclaration est disponible en anglais à l'adresse : <http://www.un-redd.org/portals/15/documents/ForestsDeclarationText.pdf>.

engagés à réduire le taux de déforestation de moitié d'ici 2020 et totalement d'ici 2030. Ils ont également convenu de faire en sorte que la production de quatre matières premières essentielles (l'huile de palme, le soja, le papier et le bœuf) n'aggrave pas la déforestation. Jusqu'ici, 36 pays ont signé cette déclaration, ainsi que 20 États/provinces, 53 entreprises et 4 peuples autochtones. Cette tendance pourrait même s'accroître avec la prise de conscience des coûts et des risques liés au changement climatique, la pression des consommateurs et la demande de produits écologiques, les dénonciations de la part des ONG et autres réseaux de surveillance. Les négociations internationales sur le climat s'étant montrées incapables de générer une réduction crédible des émissions, les acteurs du secteur privé peuvent définir de nouvelles normes et règles en matière de gouvernance environnementale (internationale) et gagner ainsi en « autorité entrepreneuriale » (Green, 2013). Les réformes de la chaîne d'approvisionnement doivent être soutenues par la législation et des politiques complémentaires au niveau national afin de renforcer leur efficacité et responsabiliser les entreprises tout en encourageant les initiatives.

Le paysage serait tout autre si les entreprises se voyaient attribuer des quotas d'émission qu'elles pourraient compenser par l'achat de crédits REDD+. Le secteur privé deviendrait alors une source majeure du financement de la REDD+. La part très faible des compensations volontaires indique que les réglementations en matière de plafonnement des émissions sont les seules à pouvoir créer une demande suffisante.

2.3. Accords et financements internationaux

L'ambition initiale de la REDD+ – ou sa raison d'être – était de générer un transfert massif de ressources afin d'inciter les pays en développement à prendre des mesures de conservation des forêts. Dans la mesure où ce transfert n'aura sans doute jamais lieu, en quoi un accord international pourrait-il faire avancer la mise en œuvre de la REDD+ ?

Les dispositifs « d'engagement et de vérification » sont le dernier levier en date (et peut-être bien le seul). Les pays soumettent leurs engagements à travers leurs INDC, qui font ensuite l'objet d'une évaluation et de vérifications. Dans le meilleur des cas, ce type de dispositif permettra d'aligner les INDC sur l'objectif des 2°C, d'améliorer la transparence et d'instaurer un climat de confiance. Tout accord doit certainement faire état de la nécessité de « neutraliser les émissions nettes de GES au cours de la seconde moitié du siècle », ce qui implique de construire et d'entretenir des puits de carbone afin de compenser les émissions résiduelles des autres secteurs. La contribution principale de nombreux pays en développement dans le cadre de leurs INDC pourrait être de ralentir dans un premier temps les pertes en carbone des forêts et des sols, pour ensuite relancer la séquestration du carbone. En d'autres termes, outre son rôle d'instrument de financement international, la REDD+ pourrait également être utilisée en tant que contribution nationale à la lutte mondiale contre le changement climatique, en particulier dans les pays à revenu intermédiaire. Les dispositifs d'évaluation et de vérification de la REDD+ pourraient jouer un rôle similaire à celui qu'ils

remplissent dans les autres domaines touchés par les mesures d'atténuation. L'orientation plus politique des INDC ainsi que des mécanismes d'évaluation et de vérification constituerait une avancée majeure, notamment si un consensus sur les grands programmes de réforme voyait le jour.

Le Fonds vert pour le climat et d'autres mécanismes restant à créer pourront financer le renforcement des capacités, les investissements initiaux, proposer des financements à des taux préférentiels et, éventuellement, effectuer des paiements directs contre résultats (c'est à dire la réduction des émissions). Les financements internationaux pour la REDD+ et les financements consacrés aux problématiques climatiques en général devraient probablement cibler les pays les plus pauvres et non les pays à revenu intermédiaire comme le Brésil, qui disposent de ressources suffisantes pour prendre en charge les coûts associés à la conservation des forêts.

Il faudrait également tenir compte des obstacles qui nuisent à l'efficacité des transferts internationaux. Tout d'abord, malgré le coût peu élevé de la REDD+ par rapport aux autres mesures d'atténuation, les financements qu'elle est réellement en mesure de générer sont faibles par rapport à l'ensemble de ses coûts et avantages connexes. Ensuite, le coût réel de la REDD+, c'est-à-dire le coût d'opportunité de la conservation forestière (constitué principalement des bénéfices agricoles qui auraient pu être réalisés sur les zones forestières conservées), ne se prête pas facilement aux modalités, par ailleurs très généralisées, de l'aide publique au développement. Enfin, l'élaboration de modèles de financement axés sur les résultats est difficile (niveaux de référence, critères, incitation à la dépense, etc. ; voir Angelsen, 2013). Les réformes politiques ne peuvent pas être uniquement tributaires de l'aide internationale. Elles doivent traduire une ambition nationale (Collier, 1997 ; Collier *et al.*, 1997).

Conclusion

La REDD+ est souvent présentée comme l'un des succès des négociations sur le climat en raison de sa simplicité et de son attrait, de son caractère inclusif inhabituel (avec la participation active d'un éventail varié d'organisations de la société civile [OSC] et d'observateurs des peuples autochtones), des financements mobilisés et des activités qui en découlent. Elle est en outre le fruit d'un consensus exceptionnellement équilibré au sein de la CCNUCC malgré des défis techniques considérables. La REDD+ s'est traduite par une mobilisation inédite de nombreux acteurs de poids – présidents et ministres des Finances des pays participants et dirigeants de multinationales – dans les négociations sur le rôle des forêts dans le cycle mondial du carbone. La REDD+ a placé les questions relatives à la transparence, à la responsabilité, aux régimes et droits fonciers ainsi qu'aux peuples autochtones à l'ordre du jour des politiques nationales. L'évolution profonde du discours international et l'élan politique qu'elle a fait naître sont autant de raisons de se montrer optimiste, bien que la prudence reste de mise.

Il faut cependant se rendre à l'évidence, les résultats attendus en termes de réduction des émissions ne sont, dans l'ensemble, pas au rendez-vous. La REDD+ n'explique qu'une part modeste du succès du Brésil. S'agissant des autres pays, peu d'exemples font état d'avancées significatives en matière de recul de la déforestation (et de son corollaire, plus difficile à mesurer, qu'est la dégradation des forêts). L'opposition de coalitions avides de profits suggère que la mise en œuvre de la REDD+ pourrait réellement faire une différence. Si les nombreux optimistes qui considéraient la REDD+ comme une solution rapide et abordable l'étaient un peu trop, rappelons que tout changement demande du temps. La REDD+ a renforcé l'aptitude au changement, créé un environnement favorable et favorisé la prise de conscience concernant le rôle des forêts dans le changement climatique (Lee et Pistorius, 2015). Cette dynamique se traduira peut-être par des résultats concrets, mais pour qu'elle se maintienne, les initiatives menées à l'heure actuelle dans le cadre de la REDD+ vont devoir générer des réductions importantes et mesurables des émissions de carbone forestier avant la fin du siècle.

Pour cela, les pays de la REDD+ doivent s'approprier cette initiative et mettre l'accent sur la réforme des politiques nationales et la création d'un environnement propice au changement. Sous la pression des consommateurs, des réseaux de surveillance et des politiques de soutien de la demande, le secteur privé doit poursuivre ses efforts en matière de gestion écologique de la chaîne d'approvisionnement et le régime international doit encourager les pays à accroître leurs engagements financiers afin de renforcer et compléter les initiatives nationales menées dans les pays les plus pauvres.

Références

- ANGELSEN A. (éd.), 2009, *Realising REDD+: National strategy and policy options*, Bogor, Indonésie, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR).
- ANGELSEN A., 2010, « Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production », *PNAS* 107 (46), p. 19639-19644.
- ANGELSEN A., 2013, « REDD+ as performance-based aid: General lessons and bilateral agreements of Norway », document d'analyse de l'Institut mondial de recherche sur l'économie du développement, UNU-WIDER, Helsinki.
- ANGELSEN A., 2014, « The economics of REDD+ » in S. Kant et J. Alavalapati (éd.), *Handbook of Forest Resource Economics*, Londres, Routledge, p. 290-316.
- ANGELSEN A. et MCNEILL D., 2012, « The evolution of REDD+ » in A. Angelsen *et al.* (éd.), *Analysing REDD+: Challenges and Choices*, Bogor, Indonésie, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR).
- ANGELSEN A. et RUDEL T.K., 2013, « Designing and Implementing Effective REDD + Policies: A Forest Transition Approach », *Review of Environmental Economics and Policy* 7 (1), p. 91-113.

- ARCAND J.L., GUILLAUMONT P. et GUILLAUMONT JEANNENEY S., 2008, « Deforestation and the real exchange rate », *Journal of Development Economics* 86 (2), p. 242-262.
- BACCINI A., GOETZ S.J., WALKER W.S., LAPORTE N.T., SUN M. *et al.*, 2012, « Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps », *Nature Climate Change* 2 (3), p. 182-185.
- CCNUCC, 2011, décision 1/CP.17, « La Plateforme de Durban », Bonn.
- CCNUCC, 2014, décision 1/CP.20, « Appel de Lima en faveur de l'action climatique », Bonn.
- COLLIER P., 1997, « The Failure of Conditionality » in C. Gwin *et al.* (éd.), *Perspectives on Aid and Development*, Washington DC, Overseas Development Council.
- COLLIER P., GUILLAUMONT P., GUILLAUMONT JEANNENEY S., GUNNING J., 1997, « Redesigning Conditionality », *World Development*, 25 (9), p. 1399-1407.
- DE SASSI C., SUNDERLIN W.D., SILLS E.O., DUCHELLE A.E., RAVIKUMAR A. *et al.*, 2014, « REDD+ on the ground: Global insights from local contexts » in Silles E.O. *et al.* (éd.), *REDD+ on the Ground: A Case Book of Subnational Initiatives Across the Globe*, Bogor, Indonésie, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR), p. 420-439.
- DI GREGORIO M., BROCKHAUS M., CRONIN T. et MUHARROM E., 2012, « Politics and power in national REDD+ policy processes » in Angelsen A. *et al.* (éd.), *Analysing REDD+: Challenges and Choices*, Bogor, Indonésie, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR), p. 69-90.
- ENKVIST P. et VANTHOURNOUT H., 2008, « How companies think about climate change », *McKinsey Quarterly* 2, 46.
- GREEN J.F., 2013, *Rethinking private authority: Agents and entrepreneurs in global environmental governance*, Princeton, New Jersey, États-Unis, Princeton University Press.
- HARRIS N., BROWN S., HAGEN S.C., BACCINI A. et HOUGHTON R., 2012, « Progress toward a consensus on carbon emissions from tropical deforestation », document de politique générale de Winrock International, WHOI & Meridian Institute, Washington DC.
- KARSENTY A. et ONGOLO S., 2012, « Can “fragile states” decide to reduce their deforestation? The inappropriate use of the theory of incentives with respect to the REDD mechanism », *Forest Policy and Economics* 18, p. 38-45.
- LEE D. et PISTORIUS T., 2015, « The Impacts of International REDD+ Finance », San Francisco, États-Unis, Climate and Land Use Alliance.
- MCFARLAND W., WHITLEY S. et KISSINGER G., 2015, « Subsidies to key commodities driving forest loss », document d'analyse de l'Overseas Development Institute, Londres.
- NEPSTAD D., MCGRATH D., STICKLER C., ALENCAR A., AZEVEDO A. *et al.*, 2014, « Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains », *Science* 344 (6188), p. 1118-1123.
- NORMAN M. et NAKHOODA S., 2014, *The State of REDD+ Finance*, Washington

DC, Center for Global Development.

- ROMIJN E., LANTICAN C.B., HEROLD M., LINDQUIST E., OCHIENG R. *et al.*, 2015, « Assessing change in national forest monitoring capacities in 99 tropical countries », *Forest Ecology and Management* (à paraître).
- SILLS E.O., ATMADJA S.S., DE SASSI C., DUCHELLE A.E., KWEKA D.L. *et al.* (éd.), 2014, *REDD+ on the ground: A case book of subnational initiatives across the globe*, Bogor, Indonésie, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR).
- SIMONET G., KARSENTY A., DE PERTHUIS C., NEWTON P. et SCHAAP B., 2014, « REDD+ projects in 2014: an overview based on a new database and typology », in *Les Cahiers de la Chaire Économie du Climat*, Paris, Université Paris-Dauphine.
- SMITH P., BUSTAMANTE M. *et al.*, 2014, « Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- STERN N., 2006, *Stern Review: The Economics of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- SUNDERLIN W.D. et SILLS E.O., 2012, « REDD+ projects as a hybrid of old and new forest conservation approaches » in Angelsen A. *et al.* (éd.), *Analysing REDD+ : Challenges and Choices*, Bogor, Indonésie, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR).

Chapitre 29

Réduire les émissions de carbone sans freiner le développement

Paul Collier

Pour lutter contre le changement climatique, il faudra réduire les émissions de carbone. Ces mesures vont dans l'intérêt des pays pauvres, qui sont particulièrement vulnérables à ce phénomène pour plusieurs raisons. D'abord, la plupart des pays pauvres possèdent déjà un climat plus chaud que les pays riches. Ensuite, la perte de PIB sera proportionnellement plus importante pour beaucoup d'entre eux. Enfin, du fait de leurs structures économiques, une plus grande partie de leur population dépend d'une agriculture sensible au climat. Cependant, s'il est dans l'intérêt des pays pauvres de lutter contre le changement climatique, les mesures prises à l'échelle mondiale pour réduire les émissions de carbone peuvent constituer une menace pour eux. En effet, la limitation des émissions de carbone n'est pas compatible avec la nécessité d'augmenter significativement leur consommation d'énergie dans le cadre de leur processus de développement ni avec celle de défricher certaines zones pour leur mise en culture. En outre, beaucoup de pays pauvres sont fortement tributaires de l'exportation d'énergie carbonée pour financer leurs importations.

La soi-disant opposition entre les pays « riches » qui seraient « coupables » du changement climatique et les « pays en développement » qui n'en seraient que les « victimes » ne résout pas le dilemme. Cette posture éthique est intenable. En premier lieu, il n'existe plus d'opposition entre les pays « développés » et « en développement », mais un continuum allant des pays très pauvres, comme le Malawi, aux pays très riches, comme le Qatar, en passant par une grande puissance comme la Chine, pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure qui s'impose aujourd'hui comme le plus gros émetteur de carbone. En deuxième lieu, ni les individus ni les sociétés ne sont moralement responsables des effets néfastes des émissions de carbone produites avant la récente prise de conscience de ce problème. En troisième lieu, même concernant ces émissions récentes pour lesquelles on peut raisonnablement invoquer une certaine responsabilité morale, comment répartir la faute entre les pays qui consomment de l'énergie carbonée, notamment l'Europe, et ceux qui l'extraient et la vendent, en particulier le Moyen-Orient, compte tenu du fait que les deux parties en tirent un profit manifeste ? Jusqu'à présent, les négociations ont arbitrairement rejeté toute la responsabilité sur les régions dans lesquelles cette énergie est consommée, et non sur celles où elle est extraite. Cependant,

.....
cette attitude n'a pas vraiment de fondement moral.

L'intérêt des pays pauvres est donc de favoriser une action internationale efficace dont ils pourraient tirer parti, tout en restant axés sur un développement économique rapide. Pour être efficaces, les actions proposées doivent s'appuyer sur un consensus mondial au titre duquel tous les pays s'engagent à contenir les futures émissions. Il faudra protéger les intérêts des pays les plus pauvres comme le Malawi, tandis que les pays à revenu élevé comme l'Arabie saoudite et l'Allemagne seront les premiers à devoir faire des sacrifices. Dans le même temps, les pays à revenu intermédiaire comme la Chine et la Pologne devront accepter leur obligation de prendre des mesures coûteuses.

1. Les raisons du succès mitigé des approches actuelles

Jusqu'à présent, l'approche internationale face au changement climatique s'est avérée globalement inefficace. Elle se fonde sur des objectifs nationaux d'émission pour les pays de l'OCDE, essentiellement mis en œuvre en associant des mesures réglementaires, la promotion de l'efficacité énergétique, un système paneuropéen de plafonnement et d'échange des droits d'émission et des taxes carbone nationales. Cette stratégie présente plusieurs points faibles.

D'abord, les mesures que peuvent prendre les entreprises et les ménages à leur niveau n'apparaissent pas clairement. Les réductions d'émission de carbone que certains changements de comportement pourraient entraîner sont souvent faibles, mal détectées et diluant totalement les responsabilités, et très difficiles à développer. Le seul mécanisme permettant réellement de parvenir à une coordination à cette échelle est le prix : il faudrait taxer le carbone au même niveau dans le monde entier. Cela soulève toutefois de grandes difficultés politiques. La responsabilité en matière de tarification des produits à base de carbone conférée par les citoyens à leur gouvernement varie considérablement selon les sociétés. Le pétrole est fortement subventionné dans de nombreux pays. Au Nigéria, par exemple, une tentative de supprimer cette aide a déclenché une violente grève nationale. Comme l'explique Sandel (2012), le mécanisme de marché comme moyen d'affecter des ressources controversées est discutable. Les préoccupations quant au changement climatique ont intentionnellement fait du carbone une problématique morale, ce qui est parfaitement compréhensible. Bien que techniquement séduisante pour les économistes, l'idée d'une taxe mondiale comme solution à une externalité négative à l'échelle de la planète sera probablement inacceptable pour beaucoup.

De fait, on constate que les campagnes organisées jusqu'à présent par la société civile en vue de stopper le changement climatique, ainsi que les conseils de politique économique prodigués dans ce but, ont été extrêmement hétérogènes. La société civile a mis en avant la responsabilité morale des personnes (qui devraient acheter des voitures plus petites, limiter leurs trajets aériens, etc.), alors que les économistes ont proposé de délivrer des droits d'émission négociables sur les marchés mondiaux. Si ces droits négociables, qui forment

le cœur du système de plafonnement et d'échange, peuvent s'avérer efficaces et générer des bénéfices mutuels, beaucoup les trouvent moralement abjects. En effet, d'aucuns les considèrent comme l'équivalent éthique des « indulgences » médiévales, qui accordaient un « droit de pécher » en échange d'une somme d'argent : les riches pourront continuer à commettre des fautes, tandis que le changement de comportement requis sera assumé par les pauvres. La faiblesse éthique de la solution technique compromet donc, involontairement, le fondement moral d'une action mondiale.

Les mêmes critiques pourraient être formulées à l'encontre du Mécanisme de développement propre, qui permet aux entreprises des pays développés d'acheter des droits d'émission aux entreprises des pays pauvres, lesquelles touchent ainsi de l'argent pour s'abstenir d'entreprendre des actions qui auraient augmenté leurs émissions. Ce dispositif ouvre grand la porte aux escroqueries et seuls les environnements dont la gouvernance inspire raisonnablement confiance répondent aux critères de vérification. En pratique, le principal bénéficiaire du système de plafonnement et d'échange des droits d'émission est la Chine. Sans même envisager les aspects éthiques de ces transactions, il est évident que les citoyens américains n'accepteront pas un accord nécessitant que les États-Unis versent d'importantes sommes d'argent à la Chine. La généralisation de cette approche à l'échelle de la planète est donc difficilement imaginable. Enfin, les « mécanismes internationaux » prévoyant que certains pays prennent des mesures pour compenser les émissions que d'autres continuent à produire peuvent nuire à l'éthique, même si, en principe, ils génèrent des bénéfices mutuels.

2. Une autre solution : se concentrer sur le charbon

Les taxes carbone, le système de plafonnement et d'échange et les objectifs d'émissions sont des dispositifs extrêmement technocratiques, très éloignés des actions pratiques que les citoyens ordinaires peuvent envisager facilement. Pourtant, une mesure concrète et réaliste permettrait de réduire significativement les émissions de carbone : l'arrêt de l'industrie mondiale du charbon. Le charbon est la principale source d'émissions de carbone. Si tous les mécanismes technocratiques visant à limiter les émissions impliquent de façon implicite de mettre fin à l'industrie du charbon, ils n'ont pas réussi à mettre cet objectif en avant ni, a fortiori, à définir les modalités pratiques de cet abandon. Je présente ici une autre solution pour contrôler les émissions qui se concentre sur la manière dont nous pourrions progressivement mettre fin à l'industrie du charbon. L'idée centrale de cette approche concrète est la protection des intérêts des pays pauvres qui relèvent de leur développement (Harstad, 2012 ; Collier et Venables, 2014).

Si les politiques se sont essentiellement focalisées sur les émissions, le problème connexe consistant à limiter l'extraction d'énergie carbonée du sous-sol n'a pas suscité une grande attention. Pourtant, il serait beaucoup plus facile de

contrôler les émissions de carbone en agissant au point d'extraction des combustibles, plutôt qu'à leur point de consommation. La consommation résulte d'une multitude de décisions prises par des milliards de personnes, tandis que l'extraction dépend d'un nombre très restreint de décisions prises par un petit groupe d'entreprises. Cet aspect présente donc des enjeux moraux très particuliers, à la fois du point de vue des personnes qui doivent revoir leurs choix et du point de vue des mesures qu'elles doivent prendre. Il s'agit d'un sujet important car les conséquences d'une action ne définissent pas véritablement sa force morale. Pinker (2007) montre comment nous utilisons le langage ordinaire pour attribuer les responsabilités morales : « le concept de causalité que nous appliquons lorsque nous choisissons nos verbes est aussi le concept que nous appliquons lorsque nous tenons les personnes pour responsables. Nous isolons les actes qu'une personne a causés intentionnellement, directement et de manière prévisible » (p. 228). S'il faut en appeler au sens moral pour contrôler les émissions de carbone, l'approche consistant à faire porter à chacun la responsabilité générale et diffuse de chaque action susceptible d'émettre directement ou indirectement du carbone, approche adoptée par le système de tarification du carbone, est inadaptée. Au contraire, les politiques publiques doivent se concentrer sur un nombre très réduit d'émissions qui frappent les esprits et peuvent être directement reliées à des décisions majeures de quelques acteurs clés. Sous cet angle, la priorité serait clairement de mettre un terme à l'industrie mondiale du charbon. Cette action fondamentale est la seule mesure de taille qu'il est possible de prendre, et aussi probablement la moins coûteuse. Elle ne suffira pas, mais constitue un bon point de départ. Sa réussite pourrait donner l'impulsion à des actions plus complexes, et donc plus exigeantes.

Le charbon représente près d'un quart des émissions totales de carbone et environ 40 % du CO₂ connu dans les réserves de combustibles fossiles. Pourtant, même s'il représente la principale source d'émissions de carbone, le charbon n'a pas une grande valeur économique. Son rendement énergétique par unité d'émissions de carbone est inférieur à celui du gaz et son coût d'extraction et de transformation en énergie exploitable est supérieur à celui des autres combustibles fossiles. Par conséquent, même avant la chute des prix de l'énergie fin 2014 et bien qu'il constitue 40 % du CO₂ présent dans les réserves de combustibles fossiles, le charbon ne représentait que 16 % de la valeur économique de ces réserves. La baisse des prix de l'énergie au niveau mondial a entraîné un déclin d'environ 80 % de la valeur des entreprises d'extraction houillère sur le marché, soit une chute bien supérieure à celle des entreprises pétrolières. C'est le signe que les rentes économiques liées à l'extraction du charbon (c'est-à-dire l'excédent de valeur par rapport aux coûts), qui étaient déjà modestes, sont aujourd'hui très faibles. Arrêter l'exploitation du charbon avant celle des autres combustibles fossiles aurait un plus grand impact sur les émissions de carbone pour une perte d'énergie donnée ; la perte de rentes économiques serait, quant à elle, très modeste. Si la technologie de captage et de stockage du carbone (CSC) devient viable, on pourrait assister au redéveloppement d'un charbon propre. À ce jour, cependant, elle s'avère plus difficile à

mettre en œuvre que prévu (la Norvège, par exemple, a récemment abandonné son programme de recherche).

De plus, le fait de prendre des mesures qui réduisent directement l'offre de charbon au lieu de commencer par réduire la demande d'énergie carbonée limiterait les problèmes du « paradoxe vert » et des « fuites de carbone » à l'échelle internationale. Le paradoxe vert désigne les cas où, prévoyant la perte de futures rentes, les producteurs d'énergie carbonée décident d'intensifier les extractions. Cette situation pourrait se produire avec le charbon, car le sous-sol en contient d'immenses réserves. Cependant, l'effondrement des rentes diminue cette production de substitution intertemporelle : si les intérêts à protéger sont faibles, les producteurs n'ont aucun intérêt à devancer les restrictions attendues. De plus, les perspectives de la technologie CSC incitent à conserver le charbon dans le sol jusqu'à ce qu'on puisse le commercialiser à un prix supérieur sous la forme d'une énergie propre.

Les fuites de carbone se produisent lorsque les pays qui agissent de manière responsable en maîtrisant leurs émissions de carbone incitent involontairement les autres pays à faire l'inverse¹. Pour faire face à ce problème, il faut agir à la fois sur l'offre et sur la demande. Lorsque certains pays (une « coalition de volontaires ») prennent des mesures pour réduire leur demande d'énergie carbonée, cela entraîne une baisse du prix mondial de ce type d'énergie et une augmentation de sa consommation dans d'autres pays. De même, lorsque certains pays réduisent leur offre de charbon, cela entraîne une hausse de son prix mondial et une augmentation de sa production dans d'autres pays. Toutefois, l'ampleur des fuites dépend de l'élasticité prix de l'offre de charbon et de la demande d'énergie carbonée. Les fuites générées par une baisse de la demande de carbone dépendent de l'élasticité de la demande d'énergie carbonée, qui est importante car les possibilités de substitution par d'autres combustibles sont nombreuses. En revanche, les fuites générées par une baisse de la production de charbon dépendent de l'élasticité de l'offre de charbon, qui est faible. Il y a donc de grandes chances qu'une réduction de la production de charbon soit l'approche la plus efficace, car elle est moins susceptible d'être affaiblie par les fuites qu'une réduction de la demande d'énergie carbonée.

La quantité d'énergie carbonée actuellement connue est bien supérieure à celle que nous pouvons consommer sans risque. Une partie de ces réserves ne doit jamais être utilisée. Cela crée le phénomène des « droits d'actifs délaissés ». McGrade et Ekins (2015) estiment que si nous voulons parvenir à limiter la hausse des températures à 2 °C, il faudra s'abstenir d'extraire un tiers des réserves de pétrole connues et plus de 80 % des réserves connues de charbon. Pour les pays pauvres, l'éventuel « délaissement » de leurs actifs carbone pose un problème fondamental, car les exportations de beaucoup d'entre eux dépendent de l'énergie carbonée. Par conséquent, l'éventualité de devoir renoncer à ces précieux actifs est, de leur point de vue, une menace encore plus grave que celle du changement climatique.

1. Voir le chapitre 21 de ce volume par C. Fischer : *Options pour éviter les fuites de carbone*.

Désormais conscients du fait que nous ne pourrions pas exploiter la totalité de l'énergie carbonée disponible et que le charbon est la source d'énergie carbonée la moins efficace, les gouvernements des pays à revenu élevé freinent actuellement l'extraction de nouveaux gisements de houille dans les pays à faible revenu. Par exemple, le Conseil des administrateurs de la Banque mondiale est réticent à approuver les prêts sollicités pour des projets d'extraction de charbon. Comme l'expliquent McGlade et Ekins (2015), ces comportements sont motivés par l'argument superficiel qu'il est inutile de financer des explorations supplémentaires, alors que nous avons déjà localisé plus de ressources que nous ne pouvons en consommer. Pourtant, ces nouvelles découvertes renferment un potentiel bien supérieur pour les pays pauvres. Par exemple, selon les données de la Banque mondiale pour l'année 2000, les actifs naturels repérés en sous-sol par kilomètre carré avaient cinq fois plus de valeur dans les pays de l'OCDE qu'en Afrique. Ce phénomène n'est certainement pas dû à une plus grande rareté des ressources en Afrique. Il montre simplement que les pays de ce continent ont beaucoup moins investi dans la prospection, en raison de carences de gouvernance. Le supercycle du carbone observé entre 2003 et 2014, au cours duquel la hausse des prix a donné lieu à une intensification des explorations à l'échelle mondiale, confirme cette hypothèse. Après avoir analysé les schémas de prospection et de découverte, Ross (2012) est parvenu à la conclusion qu'« au cours des prochaines décennies, l'immense majorité des nouvelles sources d'hydrocarbures dans le monde proviendra des pays en développement » (p. 10). La localisation de ces nouvelles réserves de carbone dans les pays pauvres pourrait engendrer des revenus source de transformations économiques. Cependant, leur extraction exige encore souvent d'importants investissements, comme c'est le cas par exemple pour les gisements sous-marins de gaz au Mozambique et en Tanzanie ou pour le pétrole au Kenya et en Ouganda. La mauvaise gestion de la réglementation du carbone et la pression des ONG pour imposer des programmes de désinvestissement de portefeuille pourraient décourager bon nombre de ces investissements.

L'arrêt de la prospection et le gel des investissements joueraient alors fortement en défaveur des pays pauvres et accentueraient le conflit d'intérêts entre les pays pauvres et les pays riches. Cependant, les mesures de lutte contre le changement climatique doivent faire l'objet d'un consensus mondial pour avoir un effet sur les consciences. Il faut donc des motifs moralement suffisants pour s'accorder sur une méthode de réduction de la production de charbon. Deux approches ont été proposées.

Selon Harstad (2012), une coalition de pays volontaires à revenu élevé devrait limiter la production mondiale de charbon en rachetant toutes les structures de production commerciale de charbon pour les fermer. La stratégie de Collier et Venables (2014) prévoit de réduire la production de charbon en fermant successivement les structures en fonction du niveau de revenu de chaque pays. La proposition de Harstad est techniquement plus efficace car les mines de charbon les moins rentables, où qu'elles se trouvent, seraient arrêtées en premier. Cependant, elle donnerait lieu à des protestations natio-

nalistes émanant des mineurs dont l'emploi serait menacé. Par exemple, la simple tentative d'une entreprise australienne d'acquérir une mine de potasse au Canada a été rejetée par les pouvoirs politiques de crainte que l'acheteur étranger ne ferme le site pour renforcer sa position dominante sur le marché. De plus, le fait de s'appuyer sur un processus de marché international limite la pression morale. Permettre aux pays riches de réduire les émissions de carbone au niveau mondial en rachetant et en fermant des mines situées dans les pays pauvres pourrait affaiblir le fondement moral d'une action collective sur le changement climatique, au lieu de l'étayer.

En revanche, la proposition de Collier et Venables tente de tirer parti de l'élan moral généré par les inquiétudes de la population sur le changement climatique. Elle s'appuie sur un principe équitable pour déterminer l'ordre de fermeture des mines de charbon afin de créer une forte pression morale sur des décideurs spécifiques à un moment précis. Selon cette démarche, ce sont les pays producteurs de charbon à revenu élevé (à savoir l'Allemagne, les États-Unis et l'Australie) qui devraient prendre les devants ; les autres n'auraient rien à faire tant que ces trois pays n'auraient pas commencé à fermer leurs mines. Par contre, dès le lancement d'un plan de fermeture par ces trois pays, les pays producteurs de charbon à revenu intermédiaire devraient cesser de développer leur production. Dès l'arrêt de toutes les mines situées dans les pays producteurs à revenu élevé, les pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure (comme la Pologne) devraient lancer à leur tour un programme de fermeture, tandis que ceux de la tranche inférieure (comme l'Indonésie) devraient cesser de développer leur production. À ce stade, une variante de la proposition de Harstad pourrait intervenir : les producteurs de pétrole des pays à revenu élevé pourraient être soumis à un système différencié de plafonnement et d'échange des droits d'émission. Ils pourraient acheter des droits d'augmenter leurs émissions aux mines de charbon des pays à revenu intermédiaire appelées à fermer. Ce dispositif aurait un intérêt moral : par exemple, certaines rentes pétrolières de la Norvège et de l'Arabie saoudite seraient ainsi utilisées pour dédommager les mineurs polonais de la perte de leur emploi. Son attrait par rapport aux mécanismes de transfert généralisés réside dans sa spécificité : ceux qui perdent le plus reçoivent une compensation versée par ceux qui profitent le plus des rentes du carbone. Le processus de fermeture se poursuivrait dans les pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure, pour s'étendre ensuite aux pays à faible revenu comme le Mozambique.

3. Répondre à la demande croissante d'énergie dans les pays pauvres

L'approche décrite précédemment pourrait désamorcer les tensions entre la lutte contre le changement climatique et le développement liées à la production d'énergie carbonée. Les pays producteurs à revenu intermédiaire de la tranche inférieure et les pays à faible revenu disposeraient d'un important délai

avant de devoir prendre des mesures, la durée exacte de ce délai étant fonction de la rapidité d'action des pays plus riches. Cependant, ce dispositif ne tient pas compte des préoccupations des utilisateurs d'énergie carbonée dont les revenus sont limités. La lutte contre le changement climatique, en particulier par des mesures portant sur l'offre comme la fermeture des mines de charbon, entraînera nécessairement une hausse mondiale du coût de l'énergie. En se développant, les pays pauvres devront augmenter considérablement leur consommation d'énergie. Dans quelle mesure cette hausse du coût de l'énergie constituera-t-elle un obstacle pour eux ?

Bien que légitime, cette préoccupation est en réalité secondaire. En effet, dans la plupart des pays pauvres, le principal frein d'ordre énergétique à la croissance n'est pas le prix de l'énergie, mais sa disponibilité. L'énergie est distribuée par des monopoles publics mal gérés, ce qui en fait une ressource extrêmement peu fiable. Pour répondre à leurs besoins, les entreprises doivent donc produire leur propre électricité avec des groupes électrogènes diesel pour un coût unitaire très élevé. Il s'agit du principal obstacle que citent généralement les entreprises lors des enquêtes. En améliorant la disponibilité de l'électricité, les gouvernements des pays pauvres pourraient réduire sensiblement son coût unitaire réel pour les entreprises et les ménages, même dans un contexte de hausse du coût unitaire de l'énergie à l'échelle mondiale.

Afin de répondre à la demande croissante d'énergie, les pays pauvres disposent de plusieurs moyens compatibles avec la stratégie décrite ci-dessus, à savoir l'arrêt de l'exploitation du charbon en vue de lutter contre le changement climatique. Plusieurs d'entre eux possèdent des réserves de charbon qui pourraient couvrir leur demande d'électricité pendant plusieurs décennies. Pour ceux qui n'ont pas de charbon, c'est-à-dire la majorité, l'hydroélectricité et l'énergie solaire deviendront des modes de production d'énergie viables. L'Afrique et l'Asie centrale présentent un immense potentiel en matière d'hydroélectricité. L'Éthiopie, par exemple, commence à exploiter les vastes possibilités liées à l'énergie cinétique créée par le ruissellement des fortes pluies qui tombent sur les hauteurs et espère ainsi produire de l'électricité à un coût unitaire très faible. Malgré un ensoleillement favorable, l'énergie solaire pose plus de problèmes pour l'instant en raison des coûts d'investissement élevés dans les panneaux solaires. La campagne africaine est jonchée de panneaux solaires abandonnés. Cependant, la baisse des coûts permettra peut-être de surmonter ces obstacles (Collier et Venables, 2012). En associant le charbon, l'hydroélectricité et l'énergie solaire, les pays pauvres ont aujourd'hui la possibilité d'améliorer la fourniture d'électricité. Si un plan climat prévoyant de financer ce développement sur des fonds publics internationaux est techniquement réalisable, l'expérience montre que ce n'est pas envisageable d'un point de vue politique. En leur accordant une position privilégiée dans l'ordre de fermeture des exploitations de charbon au niveau mondial, la présente proposition équivaut à réaliser un transfert financier en faveur des pays pauvres. Bien que politiquement délicate, cette solution serait bien moins difficile à mettre en œuvre que des transferts financiers directs.

Conclusion

Les pays pauvres ont davantage intérêt à lutter efficacement contre le changement climatique que les pays riches. La dégradation du climat constitue en effet une plus grande menace pour eux. Cependant, les approches précédemment adoptées en matière de changement climatique (notamment la définition d'objectifs d'émissions, le système de plafonnement et d'échange, le Mécanisme de développement propre et les taxes carbone) se sont avérées relativement infructueuses. Les approches similaires en projet, bien que plus efficaces, pourraient nuire aux pays pauvres. Je propose d'abandonner les solutions tributaires des marchés pour mettre davantage l'accent sur les enjeux moraux en se concentrant sur l'arrêt progressif de l'industrie du charbon. Il faudra réduire drastiquement la production de charbon pour contrôler efficacement les émissions, dont il est la principale source. Pourtant, malgré l'attention que les technocrates portent au changement climatique, la consommation mondiale de charbon a augmenté ces trois dernières années. Ce résultat reflète l'immense décalage entre les solutions technocratiques et les changements de comportement que les citoyens ordinaires considèrent comme acceptables. Sans élan moral de la part de l'opinion publique, les éventuelles solutions technocratiques convenues lors des conférences ne seront pas appliquées si elles sont soumises à la pression continue des intérêts politiques. Pour la population, la nécessité de mettre fin à l'exploitation du charbon serait plus facile à comprendre qu'un mécanisme tel que le système de plafonnement et d'échange des droits d'émission. Et il lui serait plus aisé d'admettre que cette industrie doit s'arrêter dans les pays riches avant les pays pauvres que d'accepter d'importants transferts financiers des premiers vers les seconds.

Références

- COLLIER P. et VENABLES A.J., 2014, « Closing Coal: Economic and Moral Incentives », *Oxford Review of Economic Policy* 30 (3), p. 492-512.
- COLLIER P. et VENABLES A.J., 2012, « Greening Africa? Technologies, endowments and the latecomer effect », *Energy Economics* 34 (S1), p. S75-S84.
- HARSTAD B., 2012, « Buy Coal: A Case for Supply-Side Environmental Policy », *Journal of Political Economy* 120 (1), p. 77-115.
- MCGLADE C. et EKINS P., 2015, « The Geographic Distribution of Fossil Fuels unused when Limiting Global Warming to 2 Degrees », *Nature* 517, p. 187-190.
- PINKER S., 2007, *The Stuff of Thought*, Londres, Allen Lane.
- ROSS M.L., 2012, *The Oil Curse: How Petroleum Wealth Shapes the Development of Nations*, New Jersey, États-Unis, Princeton University Press.
- SANDEL M., 2012, *What Money Can't Buy: the Moral Limits of Markets*, New York, États-Unis, Farrar, Strauss et Giroux.

Chapitre 30

Vers des villes résilientes et bas-carbone

Anthony G. Bigio

Afin de soutenir la participation active des villes des pays en développement à l'action mondiale en faveur du climat, il convient de prendre en compte leurs différences très marquées en termes de revenu par habitant, d'exposition aux vulnérabilités climatiques et de taux d'émission des gaz à effet de serre (GES). Les pays en développement représenteront 90 % de la croissance urbaine prévue d'ici le milieu du siècle, un phénomène qui nécessitera d'utiliser des quantités importantes d'énergie et de ressources naturelles, et amenuisera encore davantage le budget carbone. Ces agglomérations joueront un rôle plus important que jamais dans la production du PIB mondial et des émissions de GES. Leur exposition aux effets du changement climatique s'aggravera également.

Ce chapitre s'interroge sur comment promouvoir des villes résilientes et faiblement émettrices de carbone et quel pourrait être un cadre international de soutien à cet objectif.

1. Diversité et complexité des villes dans les pays en développement

À l'échelle planétaire, les villes abritent actuellement 54 % de la population mondiale, représentent 80 % de la production de PIB et rejettent plus de 70 % des émissions de GES. Comme dans le reste du monde, les villes des pays en développement et émergents concentrent la population et les ressources économiques et contribuent massivement à la production de richesses nationale. Les agglomérations urbaines, qui attirent les producteurs et les consommateurs et jouent le rôle de plaques tournantes pour la circulation des produits, sont aussi les principales utilisatrices d'énergie et émettrices de GES. Compte tenu de la diminution croissante de la part du PIB mondial détenue par les pays du G20, les villes des pays émergents ne tarderont pas à générer une proportion toujours plus importante des émissions.

À mesure que se rapproche la date de la 21^e Conférence des Parties de Paris, il serait bon que les négociations internationales débouchent sur la formulation d'un accord-cadre mondial de lutte contre le changement climatique prévoyant la participation pleine et entière des villes à sa mise en œuvre. Pour ce faire, il est impératif de reconnaître la diversité et la complexité des établissements urbains des pays en développement et émergents et de décomposer

le concept générique de « villes du Sud mondial » pour les faire participer plus fructueusement à l'action en faveur du climat.

Même si le PIB par habitant constitue une mesure approximative de la richesse et du bien-être, il demeure utile pour décoder les problèmes spécifiques que pose déjà, et posera avec de plus en plus d'acuité, le changement climatique aux divers types de villes des pays en développement et émergents. En toute probabilité, les villes des pays les moins avancés (PMA) se caractériseront par une faible consommation énergétique accompagnée de faibles taux d'émission de GES contrebalancée par un risque urbain élevé et une forte exposition de leurs habitants aux effets du changement climatique. Cette situation résulte de l'insuffisance des infrastructures, du nombre important de résidents occupant des logements informels, de risques naturels non atténués et d'une faible capacité institutionnelle à gérer la croissance urbaine, à appliquer la législation portant sur la planification urbaine, à dispenser des services de base et à mettre en place des dispositifs d'intervention d'urgence (Revi *et al.*, 2014).

À l'autre extrémité du spectre figurent les agglomérations urbaines complexes des pays à revenu intermédiaire de la tranche supérieure caractérisées par des infrastructures modernes sophistiquées, la généralisation du logement formel, une forte consommation d'énergie et des taux élevés d'émissions de GES. Celles-ci sont souvent stimulées par la production de masse de marchandises destinées à l'exportation suite à la délocalisation de la production européenne, nord-américaine et japonaise. Cependant, selon leur localisation (surtout sur le littoral), un grand nombre de ces villes risquent aussi d'être exposées à des niveaux élevés de risque urbain non atténué et vulnérables aux impacts climatiques.

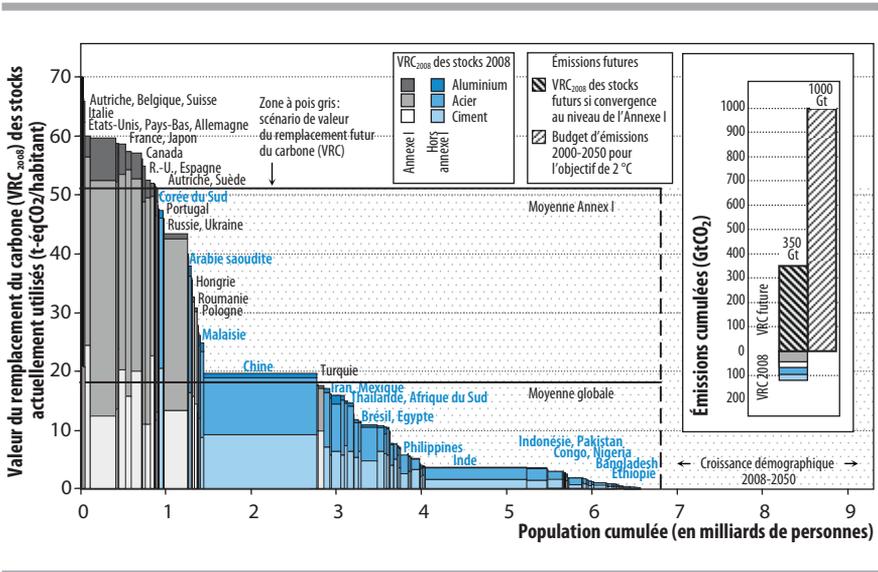
2. Urbanisation et changement climatique : une cohabitation difficile

Les villes sont devenues la forme dominante d'établissement humain sur la planète et l'urbanisation progresse à un rythme beaucoup plus rapide que la croissance démographique mondiale. Cette « grande accélération » se produit majoritairement dans les villes des pays en développement et émergents, qui devraient abriter plus de 2,3 milliards de nouveaux habitants sur une croissance démographique mondiale prévue de 2,5 milliards de personnes d'ici le milieu du siècle. La répartition régionale de l'urbanisation sera inégale et l'Asie et l'Afrique devraient en être le théâtre majeur : d'ici le milieu du siècle, la population urbaine d'Afrique devrait tripler et celle d'Asie progresser de plus de 60 %. Les futures augmentations de la population urbaine mondiale devraient également se concentrer dans une poignée de pays. Collectivement, d'ici 2050 la Chine, l'Inde et le Nigéria représenteront, selon les prévisions, 37 % des près de 2,5 milliards de citoyens supplémentaires (Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies, 2014).

La relation entre urbanisation et croissance économique varie elle aussi

considérablement et si les deux sont historiquement fortement corrélées, elles semblent suivre des trajectoires très distinctes dans les PMA et en Afrique notamment. La possible stagnation ou très lente croissance de l'économie de nombreuses villes africaines alourdira davantage le fardeau qui pèse sur les infrastructures, le logement, le bien-être et la gouvernance. La poursuite de l'urbanisation avec une croissance économique faible ou nulle aura pour conséquence inévitable la progression du secteur informel, ce qui exposera encore plus les habitants aux risques urbains et les privera de l'amélioration du bien-être généralement associée à la vie citadine.

Figure 30.1. Valeur par habitant du remplacement du carbone des stocks existants par pays et des stocks futurs si les pays en développement convergent au niveau actuel des pays de l'Annexe I



Source : figure 12.12 dans GIEC (2014), à partir des données de Müller *et al.* (2013).

Cependant, tous les phénomènes d'urbanisation rapide du 21^e siècle dans le monde présentent deux tendances communes : l'étalement (c'est à dire l'accroissement de l'empreinte foncière par habitant) et la hausse de la consommation de ressources naturelles et d'énergie utilisées dans la construction des bâtiments et des infrastructures urbaines. Sans atténuation, toutes deux auront des conséquences importantes sur l'évolution des taux d'émission de GES. L'étalement urbain fige pour l'avenir la distance entre les lieux fonctionnels des villes et exacerbe les besoins infrastructurels et énergétiques. Pour finir, il renforce la dépendance des énergies fossiles indispensables au fonctionnement des systèmes urbains et entraîne des pertes de productivité de la main-d'œuvre. La construction du cadre bâti requiert l'extraction, la transformation et le transport d'énormes quantités de matériaux naturels, lourds de conséquences

en termes de consommation d'énergie et d'émissions (Seto *et al.*, 2014). Ces dernières, intégrées dans les nouveaux bâtiments, constituent des « stocks » non pris en compte dans les inventaires standards des émissions urbaines, contrairement aux « flux » générés par la consommation d'énergie récurrente ou annuelle des villes.

Comme l'illustre la figure 30.1., pour l'année de référence 2008 (CRV2008) la valeur du remplacement du carbone (VRC) des principaux matériaux de construction (aluminium, acier et ciment) actuellement utilisés dans les cadres bâtis nationaux varie fortement en fonction du PIB par habitant. La VRC moyenne des pays faisant partie de l'Annexe I a été calculée à 50 t-éqCO₂/habitant. Si l'ensemble des constructions et des expansions urbaines prévues avait à atteindre cette intensité carbone moyenne d'ici le milieu du siècle, un tiers du budget carbone disponible (1 000 Gt CO₂) serait consommé (probabilité de 75 %). Sur ce budget global d'émissions calculé pour maintenir la hausse des températures à 2°C, environ 420 Gt CO₂ ont déjà été émises entre 2000 et 2011.

Selon l'analyse de la Commission mondiale sur l'économie et le climat (CMEC), « les villes émergentes joueront un rôle de plus en plus significatif dans la croissance économique mondiale et la hausse des émissions de carbone d'ici 2030. Dès 2014, le PIB généré par les 90 plus grandes villes chinoises représentait plus de 6 000 milliards de dollars US, soit l'équivalent des économies allemandes et françaises combinées ». Avec un scénario de statu quo, 468 villes représenteraient plus de 60 % de la croissance du revenu mondial entre 2012 et 2030 et près de la moitié de la hausse des émissions liées à la consommation d'énergie (CMEC, 2014).

Le sous-ensemble de 291 « villes émergentes » (agglomérations de taille moyenne à revenu intermédiaire en rapide expansion de Chine, d'Inde et d'autres pays émergents) représentera probablement plus d'un quart de la croissance du revenu mondial (16 000 milliards de dollars US) et plus d'un tiers de la hausse des émissions liées à la consommation d'énergie (3 230 Mt CO₂) entre 2010 et 2030. Selon la CMEC, la prise de mesures climatiques par ce groupe de villes constitue à court-moyen terme l'opportunité globale la plus susceptible d'éviter un enfermement de longue durée dans une infrastructure urbaine à forte intensité carbone.

Les « petites zones urbaines » généreront une progression similaire de la croissance du revenu par habitant, mais moyennant une hausse des émissions beaucoup plus faible (environ 1 220 Mt CO₂ d'ici 2030), en cohérence avec la multiplication projetée des centres urbains de moins de 100 000 habitants où devraient résider 40 % de la population mondiale d'ici 2050. Les villes de 100 000 à 1 000 000 d'habitants en accueilleront 21 % : ce sont elles qui seront concernées par l'essentiel de l'urbanisation dans les PMA. Le taux plus faible de hausse des émissions dans les petites zones urbaines s'explique par leur localisation régionale et par une dynamique de concentration qui regroupe l'industrie manufacturière et les infrastructures dans les plus grands centres urbains. La gouvernance et la capacité institutionnelle dépendent de la taille et du revenu : elles tendent à être plus faibles dans les petites villes et les contextes

à bas revenu. Cependant, comme l'essentiel de la dynamique de croissance urbaine devrait intervenir dans les villes petites à moyennes des pays en développement, des possibilités importantes de réduction des émissions de GES pourraient précisément apparaître dans ces zones urbaines où la gouvernance et les capacités institutionnelles à les gérer sont les moins solides (Seto *et al.*, 2014).

Tableau 30.1. Les villes émergentes joueront un rôle important dans la croissance de l'économie mondiale et des émissions de carbone d'ici 2030.

Groupes d'agglomérations	Augmentation du PIB de base prévue entre 2012 & 2030 (en milliers de milliards d'USD)	Augmentation prévue des émissions (scénario de base) entre 2012 & 2030 (en mégatonnes de CO ₂)	Population prévue en 2030 (en milliards)	Par habitant en 2030 (en tonnes de CO ₂ par personne)
Villes émergentes p. ex., Bangalore, Kunming, Pune, Puebla	16	3 230	~1,3	~7
Petites zones urbaines dont, villages, petites villes, zones industrielles périphériques, pop. < 0,5 million	16	1 220	~1 220	~4,6
Grandes villes p. ex., Stuttgart, Minneapolis, Stockholm, Hiroshima	11	390	~390	~12,1
Mégalopoles internationales p.ex., Pékin, New York, Londres, Rio de Janeiro	10	1 050	~1 050	~7,1
Croissance totale	~52	~5,890	Population totale en 2030 ~4,5	
Part de la croissance mondiale	~87 %	~65 %	Part de la population mondiale en 2030 ~55 %	

Source : figure 2 dans CMEC (2014).

Le changement climatique exerce plusieurs effets spécifiques sur les villes en général, et sur celles des pays en développement en particulier : la hausse de la température ambiante amplifie l'effet d'îlot de chaleur urbain et provoque des

canicules aux graves conséquences pour les habitants, notamment les jeunes, les personnes âgées et les personnes vulnérables. Les températures plus élevées interagissent avec les polluants présents dans l'air et aggravent la pollution atmosphérique. Toujours plus imprévues et violentes, les précipitations engorgent les systèmes de drainage et multiplient les risques d'inondation. L'érosion du littoral, les houles de tempête et la hausse du niveau de la mer menacent les zones humides, les embouchures des fleuves, ainsi que les infrastructures et bâtiments littoraux dans de nombreux endroits souvent déjà exposés aux glissements de terrain. Enfin, l'approvisionnement en eau potable est fragilisé par les contraintes qu'exerce le climat sur la ressource en eau. Ce type d'effets devrait se renforcer de manière significative d'ici le milieu du siècle et au-delà, en fonction de l'évolution future des taux d'émission et du réchauffement planétaire.

Compte tenu de l'urbanisation galopante, ces effets s'exerceront sur une population citadine de plus en plus nombreuse, sur une quantité croissante d'infrastructures, sur l'environnement construit et sur les ressources économiques. À mesure que les villes se développent, notamment si leur expansion n'est ni maîtrisée ni contrôlée, mais la conséquence linéaire de la démographie et d'une logique économique de concentration, elles finissent par occuper des zones plus exposées au risque d'inondations de grande ampleur, de glissements de terrain, de typhons ou d'ouragans ou bien situées en dessous du niveau de la mer. Sont notamment concernés les agglomérations informelles à faible revenu typiques des PMA et les quartiers marginaux des pays à revenu intermédiaire.

3. Synergies entre adaptation urbaine, développement et résilience

Les problèmes de l'adaptation des milieux urbains au changement climatique viennent s'ajouter à d'énormes besoins de développement non satisfaits, surtout dans les PMA où la faiblesse de la gouvernance et les ressources techniques et financières limitées empêchent d'accompagner le rythme rapide de l'urbanisation et la demande croissante d'infrastructures urbaines de base, de logements et de bien-être pour leurs habitants. Il faut investir dans la croissance et la productivité des villes pour mettre en place l'assise économique et fiscale nécessaire afin de pouvoir engager d'autres dépenses. Dans ces conditions, les gouvernements des PMA perçoivent souvent l'adaptation urbaine comme une charge exogène supplémentaire due au cumul historique des émissions de GES par les nations riches. L'adaptation est rarement considérée comme une priorité à court terme, compte tenu également de la forte exposition de nombreuses villes des pays en développement aux risques naturels non atténués. Enfin, les ressources financières limitées freinent l'adoption de mesures d'adaptation climatique dont les villes ont pourtant bien besoin.

Cependant, il peut exister des synergies entre l'adaptation en milieu urbain et les investissements visant l'atténuation des risques naturels, la mise en place

d'une infrastructure de base, la protection de l'environnement urbain et l'amélioration du bien-être des habitants, notamment pauvres. Une fois établies, ces synergies facilitent l'intégration de l'adaptation dans les plans d'investissement stratégiques des villes en voie d'urbanisation rapide des pays en développement. Pour atténuer les effets du changement climatique, des actions préventives sont préférables à des interventions d'urgence plus onéreuses, plus perturbatrices et moins efficaces.

Ainsi, Durban, en Afrique du Sud, « a adopté et est en train de mettre en œuvre une stratégie d'adaptation fondée sur les écosystèmes, notamment un vaste programme de reboisement communautaire dans le cadre duquel des entrepreneurs locaux baptisés 'treepreneurs' opèrent des pépinières et aident à planter et à gérer les zones forestières restaurées, dans le cadre d'un renforcement général des sanctuaires de biodiversité, de la qualité de l'eau, de la régulation du débit des cours d'eau, de la lutte contre les inondations, du contrôle de la sédimentation et de l'amélioration des paysages. Cette approche présente entre autres l'avantage de créer des emplois, d'améliorer la sécurité alimentaire et de fournir des possibilités d'apprentissage ». De la même manière, « à Quito, où le recul des glaciers et d'autres changements d'ordre climatique risquent, à terme, de compromettre l'approvisionnement en eau douce, les autorités locales ont élaboré plusieurs plans d'adaptation qui encouragent notamment l'utilisation rationnelle de l'eau, la réduction des pertes d'eau et l'élaboration de mécanismes visant à limiter le nombre des conflits liés à l'eau » (Revi *et al.*, 2014).

Il est donc possible de mesurer les avantages de l'adaptation non seulement en termes d'évitement des dommages et des pertes qui pourraient être infligés à une ville par les effets du changement climatique, mais aussi en termes d'améliorations supplémentaires de la qualité globale de l'agglomération à attendre de ce type d'investissements. Par exemple, la protection de certaines zones contre un risque accru d'inondations et de coulées de boue pourrait amener à rénover des quartiers informels, apportant par là des avantages sociaux notables; la maîtrise d'un ruissellement plus important pourrait protéger les zones humides et les cours d'eau, au bénéfice également de tous les riverains; la plantation d'arbres ombrageux le long des rues principales pourrait réduire l'effet d'îlot de chaleur et l'impact des canicules tout en rendant les espaces publics plus verts et agréables; un projet de protection côtière pourrait inclure la réalisation d'une promenade de front de mer dont les coûts seraient éventuellement compensés par la hausse des prix de l'immobilier et les avantages de la valorisation du front de mer. Il est donc possible d'intégrer l'adaptation au changement climatique dans le développement urbain durable et d'en tirer des bénéfices ultérieurs.

4. Synergies entre atténuation urbaine, croissance verte et bien-être

Des remarques similaires s'appliquent à la réduction des émissions de GES dans les villes des pays en développement et émergents, en commençant par celles où a été délocalisée une grande partie de l'industrie manufacturière mondiale et qui devraient connaître la plus forte hausse en termes de démographie, d'empreinte urbaine, de PIB, de consommation énergétique et d'émissions de GES au cours des décennies à venir. Le paradigme de la croissance verte semble constituer l'approche la mieux à même de produire une réduction substantielle des émissions prévisionnelles de GES de ces villes, entre autres.

Les villes dont l'environnement construit devrait se développer de manière significative d'ici 2050 devront adopter un cadre de développement urbain bas-carbone et déconnecter la croissance économique de l'intensité énergétique, et la production énergétique du recours aux énergies fossiles, un défi qui s'avère également une opportunité. D'autres synergies importantes entre réduction du carbone et amélioration de la qualité de l'air urbain ont des conséquences positives sur la santé publique et le bien-être, très attendues par les habitants des grandes villes des pays en développement et émergents. Les synergies significatives entre la réduction de la pollution atmosphérique et la baisse des émissions de GES pourraient susciter le soutien public nécessaire aux actions d'atténuation du changement climatique.

Comme le rapporte la Commission mondiale sur l'économie et le climat, « une nouvelle analyse [...] suggère que les États-Unis pourraient économiser 200 milliards de dollars US par an s'ils adoptaient des politiques de croissance plus judicieuses et plus compactes, qui leur permettraient d'abaisser le coût de la prestation des services publics et de l'investissement en infrastructures, comme dans les routes. Selon la Banque mondiale, la Chine pourrait économiser jusqu'à 1 400 milliards de dollars US de dépenses infrastructurelles d'ici 2030 (soit environ 15 % de son PIB de 2013) si elle adoptait un modèle urbain plus compact axé sur les transports en commun. L'analyse de la Commission suggère qu'un développement urbain plus compact et plus connecté pourrait réduire les besoins mondiaux en infrastructures urbaines de plus de 3 000 millions de dollars US au cours des quinze prochaines années (2015-2030) » CMEC (2014, p. 11).

Afin de réduire les besoins en investissements urbains, de réaliser des gains de productivité, de diminuer les émissions de GES, d'améliorer sensiblement la qualité des espaces urbains pour leurs habitants et d'alléger le poids des villes sur les écosystèmes naturels, la Commission recommande trois axes: compacité de la croissance urbaine, connexion des infrastructures et coordination des organes de gouvernance (les « trois C »). Le Groupe de travail III du GIEC recommande quant à lui une morphologie urbaine bas-carbone et durable basée sur la densité de l'habitat, l'utilisation polyvalente du foncier, la connectivité et l'accessibilité (Seto *et al.*, 2014).

L'urbaniste Peter Calthorpe a testé une approche similaire en simulant

différents scénarios de croissance urbaine et d'émissions de GES pour les États-Unis. Sur la base des estimations actuelles, il faudra ajouter 60 millions de nouvelles unités au parc immobilier d'ici 2050. Le scénario de statu quo («tendance à l'étalement») augmenterait la superficie urbanisée de 38 % et nécessiterait environ 50 000 dollars US par unité d'infrastructures sur site seulement. Dans le scénario d'«urbanisme simple», la demande de foncier urbanisé chuterait des deux tiers et les coûts des infrastructures sur site seraient divisés par deux. La modification du mix de logements, constitué par des maisons individuelles, des immeubles collectifs et des maisons mitoyennes, représentant respectivement 55, 31 et 14 % du parc supplémentaire contre 67, 23 et 10 % dans le scénario de statu quo, densifierait l'habitat et abaisserait les coûts infrastructurels. Le scénario d'«urbanisme vert», qui compléterait l'utilisation compacte du foncier par des normes volontaristes en matière de mobilité, d'efficacité énergétique et de rénovation des bâtiments, d'économie de carburants, ainsi qu'un apport élevé des énergies renouvelables à la génération d'énergie, diminuerait les émissions de GES supplémentaires de 75 % et la pollution atmosphérique de 50 % (Calthorpe, 2010).

Outre l'objectif de réduction des émissions de GES, la croissance urbaine compacte a pour but d'améliorer la qualité des villes, d'encourager le recours aux transports en commun et non motorisés et de créer des espaces urbains agréables à vivre. Dans les pays en développement, la ville de Curitiba au Brésil a été la première de la région à adopter un développement axé sur les transports en commun dans les années 1970. Son exemple a été suivi plus récemment par plusieurs rénovations de grande ampleur des systèmes de transports en commun urbains, comme le Transmilenio de Bogotá, qui ont contribué à diminuer les embouteillages et la pollution atmosphérique, à augmenter la productivité de la force de travail, à réduire les émissions de GES et à améliorer la santé publique et la qualité de vie dans diverses villes d'Amérique latine.

Il ne faut donc pas mesurer les avantages et les coûts de l'atténuation du carbone uniquement par rapport au coût des mesures de réduction des émissions de GES, mais plutôt dans le cadre d'évaluations plus larges de la croissance verte et des multiples avantages parallèles découlant de stratégies urbaines durables.

5. Orientations en matière de politique urbaine, d'innovation et d'échanges urbains

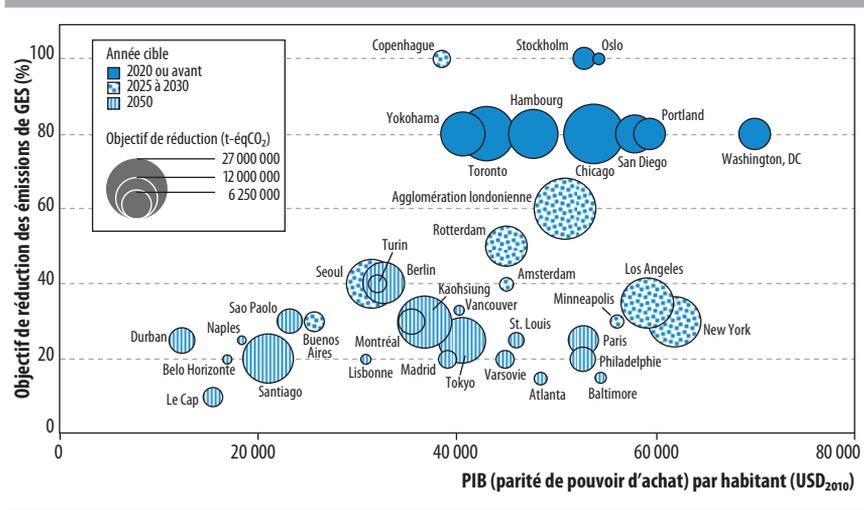
Les précédentes sections de ce chapitre ont traité séparément l'adaptation, l'atténuation et leurs liens respectifs avec le développement urbain durable et la croissance verte. Cependant, les pratiques urbaines plus récentes à travers le monde montrent que les politiques climatiques urbaines les plus réussies intègrent l'adaptation et l'atténuation. De nombreux Plans climat – les «feuilles de route» que préparent les administrations municipales pour mettre en œuvre, puis suivre, leur stratégie d'action climatique – comportent des

investissements dans l'adaptation ainsi que dans l'atténuation; d'ailleurs un grand nombre de ces actions convergent d'elles-mêmes.

Par exemple, les investissements visant à améliorer l'isolation thermique du cadre bâti, soit par la construction de bâtiments verts soit par la rénovation d'immeubles existants, permettront indubitablement de s'adapter au réchauffement climatique, mais aussi d'atténuer les émissions de GES du fait de la moindre consommation d'énergie des immeubles. Une infrastructure verte visant à gérer le ruissellement excessif et soudain et à protéger contre les inondations rafraîchira la température ambiante dans les villes et absorbera les émissions de carbone. La gestion et le recyclage effectifs des déchets éviteront que les cours d'eau et les espaces publics urbains se transforment en décharges sauvages, faciliteront la séquestration du méthane et réduiront la consommation des ressources naturelles.

De nombreuses villes des pays de l'OCDE réalisent des innovations substantielles en internalisant les priorités du changement climatique et en s'en servant pour réaliser des investissements économiques anticycliques, réhabiliter des zones urbaines, créer des emplois, favoriser l'essor de l'économie verte urbaine et développer un savoir-faire spécifique et exportable sur la gestion urbaine face à la hausse des températures. Certaines villes sont déjà parvenues à réduire sensiblement leurs émissions de GES et à accroître leur résilience et leur adaptation face aux effets du changement climatique. Les engagements des villes dépassent souvent ceux des gouvernements nationaux et montrent qu'elles ont toutes les cartes en main pour prendre la tête du processus d'atténuation.

Figure 30.2. Objectifs d'atténuation de 42 villes



Source : figure 12.21 dans GIEC (2014) ; émissions initiales, objectifs de réduction et population, à partir de données fournies par les villes au Carbon Disclosure Project (2013).

Comme l'illustre la figure 30.2, les villes les plus ambitieuses (Copenhague, Stockholm et Oslo) montrent qu'il est possible de décarboniser intégralement l'économie urbaine et se sont engagées à y parvenir d'ici 2030 ou 2050. De toute évidence, leur PIB élevé par habitant, leur engagement de longue date en faveur de la durabilité environnementale et de la qualité de vie urbaine, leurs politiques proactives et le soutien de leur population leur facilitent la tâche. Leurs solutions de réduction des GES associent morphologie urbaine compacte, densité de l'habitat, moyens de transport non motorisés, systèmes de transports en commun, efficacité énergétique de l'environnement construit, énergies renouvelables sur site et hors site, cogénération de chaleur et d'énergie à partir de la gestion des déchets et programmes de compensation carbone. Leur exemple ouvre la voie à d'autres innovations urbaines dans le monde.

Dans le cadre de l'Union européenne, la Convention des maires, créée en 2009, est un réseau volontaire d'autorités locales qui s'engagent à atteindre le but communautaire, à savoir une réduction d'ici 2020 de 20 % des émissions de GES par rapport aux taux de 1990, avec un bouquet énergétique comprenant 20 % d'énergies renouvelables. Disposant d'un vaste contrôle sur les infrastructures locales, la réglementation en matière de construction, la gestion des déchets et la prestation de services collectifs, les administrations municipales et régionales sont les mieux placées pour évaluer l'utilisation locale de l'énergie, formuler des stratégies de réduction des émissions de GES et mobiliser la société civile et les acteurs du secteur privé. Plus de 6 000 autorités locales représentant 200 millions de citoyens ont souscrit la Convention et sont en train de mettre en œuvre des programmes de réduction des émissions dont un grand nombre devrait dépasser l'objectif d'ensemble de l'Union européenne.

En dépit de quelques belles réussites et de la mise en œuvre en cours de nombreux projets d'adaptation et d'atténuation, peu de villes des pays en développement sont allées aussi loin. Des agglomérations, comme la Ville de Mexico, Rio de Janeiro et Medellin en Amérique latine, Amman au Moyen-Orient, Bangkok, Djakarta, Beijing et Shanghai en Asie de l'Est, Addis-Abeba et Durban en Afrique, Mumbai et Dhaka en Asie du Sud, ainsi que de nombreuses autres, ont relevé les défis du changement climatique. La multitude de priorités de développement que doivent gérer les villes des pays en développement ainsi que leurs ressources financières et techniques limitées ont jusqu'ici entravé la majorité des villes dans leurs efforts de gestion du changement climatique.

Au cours des dix dernières années, de nombreuses banques et agences multilatérales et régionales ont consacré davantage d'aide au développement à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique des villes. Elles dispensent une assistance technique et financent des investissements spécifiques ainsi que l'évaluation des risques urbains, les inventaires d'émissions, l'élaboration de stratégies bas-carbone et l'élargissement des marchés du carbone. Leur soutien, ainsi que celui de quelques fondations de premier plan, facilite également le transfert des innovations des villes de pays de l'OCDE à celles des pays en développement et émergents. Les multiples études de cas sur les

spécificités du changement climatique urbain élaborés par les programmes de recherche de grandes universités ont éclairé la prise de décision de plusieurs administrations municipales.

De grands réseaux internationaux tels que ICLEI et C40 se sont mobilisés pour favoriser le partage des politiques et des expériences entre les villes et les aider à planifier et à mettre en œuvre l'action climatique urbaine, y compris dans les pays en développement. Grâce à une collaboration efficace et directe entre les maires, ils stimulent les innovations, facilitent les échanges et haussent le niveau de priorité de la lutte contre le changement climatique urbain dans le monde.

6. Vers un cadre international de soutien des villes résilientes et bas-carbone

Paradoxalement, bien que l'idée que les villes font « partie de la solution » et pas seulement « partie du problème » ait fini par prévaloir, elles ne jouent pas de rôle officiel dans la lutte mondiale contre le changement climatique et ne sont pas invitées à la table des négociations internationales, conduites uniquement par les gouvernements et leurs délégations dans le cadre de la CCNUCC. L'Accord des maires, le Conseil mondial des maires sur le changement climatique et d'autres réseaux municipaux apparus au cours des dix dernières années s'emploient à faire entendre l'opinion essentielle des villes dans les négociations et au-delà. À l'avenir, les contributions prévues déterminées au niveau national (INDC) devraient clairement rendre compte de leurs composantes urbaines afin que l'importance de l'apport des villes à l'atténuation des émissions de GES et de leur rôle dans l'atteinte de cet objectif puisse être pris en compte et reconnu par la communauté internationale.

Un accord-cadre international est susceptible d'accélérer fortement la dynamique actuelle de l'action climatique des villes, notamment s'il contient des dispositions spécifiques visant à engager et soutenir les villes des pays en développement en tenant compte de leurs spécificités, de leurs difficultés, de leurs contraintes, de leurs taux d'émission de GES et de leurs vulnérabilités climatiques. Les recommandations ci-dessous proposent quatre modalités en ce sens :

1. **Accroître le volume de financement international destiné à l'adaptation urbaine, notamment dans les PMA.** Cela permettrait à de nombreuses villes particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique de réaliser les investissements essentiels dans la protection du littoral, le contrôle des inondations, l'approvisionnement en eau et d'autres domaines prioritaires. Le Fonds vert pour le climat assurerait le financement. Les banques de développement multilatérales et régionales, qui aident déjà les villes à investir dans les infrastructures, décaisseraient les fonds et dispenseraient l'assistance technique nécessaire.

-
2. **Favoriser l'utilisation de la finance carbone pour la croissance verte.** L'adoption par les villes de pays de l'OCDE et de pays émergents de systèmes d'échange de quotas d'émissions et de la tarification du carbone devient de plus en plus répandue. Pour que les villes participent davantage aux marchés du carbone, il conviendrait de consolider et de certifier les réductions d'émissions provenant de nombreux secteurs urbains. Le Protocole mondial pour les inventaires des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle communautaire est en train de devenir la norme internationale généralement reconnue, et devrait être ultérieurement validé.
 3. **Subordonner l'aide financière internationale à des politiques urbaines innovantes.** Les directives politiques devraient veiller à ce que les ressources financières destinées à l'action climatique urbaine intègrent l'adaptation dans le développement urbain durable et l'atténuation dans les politiques de croissance verte. L'assistance technique à l'évaluation des risques urbains et à la conduite des inventaires d'émissions devrait être multipliée, afin d'élaborer des stratégies optimales sur lesquelles fonder l'appui politique et le financement. Les acteurs du secteur privé pourraient être ultérieurement impliqués dans l'apport de leur savoir-faire.
 4. **Soutenir l'apprentissage international, la mise en réseau et le partage des connaissances.** Les efforts associatifs bénévoles doivent être soutenus financièrement, car ils peuvent accélérer notablement la mobilisation autour du climat dans les villes des pays en développement. Des programmes spécifiques de partage des connaissances sur la gouvernance métropolitaine, les politiques fiscales favorables au climat et la solvabilité peuvent faciliter l'accès des villes des pays émergents aux marchés de capitaux et renforcer l'efficacité de leurs stratégies climatiques.

Références

- CALTHORPE P., 2010, *Urbanism in the Age of Climate Change*, Washington DC, États-Unis, Island Press.
- Carbon Disclosure Project, 2013, *CDP Cities 2013: Summary Report on 110 Global Cities*, Londres (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.cdpcities2013.net/doc/CDP-Summary-Report.pdf>).
- Commission mondiale sur l'économie et le climat (CMEC), 2014, *The New Climate Economy: Better Growth, Better Climate* (disponible en anglais à l'adresse : <http://2014.newclimateeconomy.report/cities/>).
- Département des affaires économiques et sociales (DAES) des Nations Unies, 2014, *Perspectives de l'urbanisation mondiale : révision 2014*, New York, Nations Unies.
- GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- MÜLLER D.B. *et al.*, 2013, « Carbon Emissions of Infrastructure Development », *Environmental Science & Technology* 47, p. 11739-11746.

-
- REVI A., SATTERTHWAITTE D.E. *et al.*, 2014, « Urban areas » dans *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press, (https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap8_FINAL.pdf).
 - SETO K.C., DHAKAL S. *et al.*, 2014, « Human Settlements, Infrastructure, and Spatial Planning », chapitre 12 dans *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

Chapitre 31

Développement et transfert de technologie, conditions nécessaires à un régime climatique viable

Heleen de Coninck et Shikha Bhasin

Le présent chapitre s'attache à montrer comment des dispositions notables en matière de développement et de transfert de technologie dans un régime climatique peuvent aboutir à une large participation des pays développés et en développement. Cela revient à se demander ce que les différents pays ont à gagner de l'accord mondial, particulièrement dans le domaine de la technologie (Barrett et Toman, 2010), et quelles actions sont nécessaires pour mettre à la disposition de l'ensemble des pays une technologie sobre en carbone. L'argument le plus souvent employé pour appuyer le développement et le transfert de technologie (parfois désigné sous l'expression « coopération technologique ») dans le cadre de la CCNUCC s'articule autour de la recherche et développement (R&D) visant à la réduction des coûts. Bien que nous entendions depuis des années qu'il est possible de réduire fortement les émissions grâce aux technologies actuellement disponibles (p. ex. GIEC, 2014 ; Pacala et Socolow, 2004), on considère que la réduction des coûts au moyen de la recherche est essentielle au succès de la mise en œuvre de ces technologies.

Si seulement c'était aussi simple ! Le problème de la mise en œuvre des technologies ne se limite pas à la seule réduction des coûts : la technologie évolue dans un contexte culturel et social (Cherlet, 2015), les dysfonctionnements du marché occupent une place prépondérante (Grubb *et al.*, 2013) et le régime sociotechnique en place est incroyablement résistant (Geels, 2002). À titre d'exemple, parvenir à un système énergétique mondial sobre en carbone nécessite de faire évoluer chacun des aspects de la demande et de l'offre d'énergie, implique de nombreux acteurs, oblige à faire face à d'importants intérêts catégoriels et verrouillages technologiques, et cela suppose donc des interventions majeures dans le système économique et les habitudes culturelles. Un tel changement, complexe et à plusieurs niveaux, des attributs fondamentaux d'un système est souvent qualifié de « changement transformationnel » (O'Brien, 2011 ; GIEC, 2014). Or, cette transformation profonde est essentielle pour limiter l'augmentation de la température moyenne du globe à 2 °C. Pour qu'elle soit possible, les négociations sur le climat doivent accorder plus d'importance

à l'avancée des discussions sur la coopération technologique¹.

La transformation (dans le secteur de l'énergie, mais aussi dans d'autres secteurs liés à l'atténuation et à l'adaptation) est un problème pour tous les pays, mais il est amplifié dans les pays en développement, en raison de la faiblesse de leurs capacités et institutions, et de la pauvreté généralisée. La CCNUCC doit prendre en compte la situation spécifique des pays en développement, aussi bien en matière d'atténuation que d'adaptation.

Dans ses discussions sur le développement et le transfert de technologie, la CCNUCC donne l'occasion d'un débat sur les transformations, notamment dans le contexte spécifique des pays en développement. Sont abordés les défis à long terme, les environnements favorables, les systèmes nationaux d'innovation et les capacités. Les dispositions sur le développement et le transfert de technologie sont établies dans la Convention, mais ont bénéficié d'un suivi très superficiel (Haselip *et al.*, 2015). Récemment, le mécanisme technologique a été mis en place en tant que premier outil international visant explicitement à renforcer le développement et le transfert de technologie en vue de l'atténuation du changement climatique et de l'adaptation à ses effets (voir ci-dessous). Aujourd'hui, il est trop tôt pour dire si ces efforts porteront leurs fruits, mais l'estimation globale du volume (financier) nécessaire pour parvenir à un véritable changement étant nettement plus élevée, il est clair que le financement actuel (de l'ordre de 30 millions de dollars US sur cinq ans) et les arrangements (basés sur les contributions ponctuelles des pays donateurs) ne suffisent pas à obtenir des résultats tangibles quant à l'objectif de limiter le réchauffement à 2 °C (Coninck et Puig, 2015). D'autre part, ce mécanisme n'est pas utilisé au maximum de ses possibilités en raison d'obstacles politiques, notamment l'inquiétude dissimulée des leaders technologiques actuels qui craignent d'ouvrir la voie à leurs propres concurrents (Coninck et Sagar, 2015). Le présent chapitre montre quelles améliorations majeures peuvent être apportées au mécanisme technologique de la CCNUCC.

1. Que signifie l'expression « développement et transfert de technologie » ?

Le terme « technologie » étant souvent mal interprété, c'est avec une certaine hésitation qu'il est employé dans ce chapitre. Pour les chercheurs et les experts en politique climatique, ce terme peut évoquer les énergies renouvelables, les véhicules électriques et les installations de captage du carbone. Cependant, pour les spécialistes de l'innovation et pour de nombreux négociateurs sur le changement climatique, le terme technologie englobe également le tissu complexe de capacités, d'institutions, de connexions, de réseaux, de politiques et de cultures qui sont des composantes inaliénables de toute stratégie en faveur des

1. Voir le chapitre 22 de ce volume par M. Toman : *La coopération internationale pour les technologies énergétiques avancées*.

.....

énergies renouvelables, des véhicules électriques ou des installations de captage du carbone. De nombreuses études de cas confortent ce point de vue, notamment des travaux sur le développement de l'industrie des énergies solaire et éolienne en Inde (Chaudhary *et al.*, 2015) et de l'industrie photovoltaïque ou des batteries en Chine (Gallagher, 2014).

Comme l'indique Toman dans le présent ouvrage, le développement et le transfert de technologie, comme prévu dans la Convention, va bien au-delà des accords de R&D ; la Convention reconnaît que cela concerne également les mécanismes crédibles qui permettent aux pays en développement de rattraper leur retard technologique, de développer leurs propres capacités d'innovation, de faire usage des connaissances locales et de participer pleinement au marché technologique mondial. Ces mécanismes doivent permettre aux pays en développement de mettre en œuvre leurs propres stratégies d'atténuation et de profiter économiquement de celles d'autres pays en devenant fournisseurs des connaissances et installations nécessaires, tout comme l'a fait la Chine pour l'énergie solaire photovoltaïque ou d'autres technologies. Le « rattrapage technologique » est alors une question de développement liée au système éducatif, à l'efficacité des interventions gouvernementales et à l'esprit d'entreprise. Ceci apparaît également dans le chapitre rédigé par Mekonnen², tout particulièrement en ce qui concerne l'Afrique.

Cela se reflète dans la définition du « transfert de technologie » donnée par le GIEC qui inclut le transfert international des installations et du matériel, mais aussi le transfert et le développement des capacités locales, des institutions et d'autres éléments non matériels nécessaires à l'élaboration et à l'amélioration du matériel (GIEC, 2000). Le présent chapitre traite donc de la « technologie » dans ses manifestations matérielles (les installations), logicielles (capacités d'exploitation, de fabrication et d'innovation) et organisationnelles (capacités institutionnelles et politiques). De nombreux exemples justifient la pertinence de cette approche, comme la mise en œuvre des ampoules à économie d'énergie au Kenya et au Ghana, qui a démontré le rôle crucial des capacités et de la main-d'œuvre locales (Byrne, 2013), ou la fabrication de ciment moins énergivore et sobre en carbone en Afrique subsaharienne, qui reposait sur toute une série de facteurs (libéralisation du marché, soutien du gouvernement au développement industriel, activités des fournisseurs d'équipement et des multinationales ayant leur siège dans les pays de l'OCDE, capacités techniques locales, information et accès à la finance) (Ionita *et al.*, 2013).

Par conséquent, ce chapitre ne se limite pas à la question matérielle, c'est-à-dire de savoir comment obtenir davantage d'installations d'énergie solaire photovoltaïque ou de captage et de stockage du carbone, comme exposé dans les chapitres rédigés par Tavoni³ (captage et stockage du carbone) ou Bossetti⁴ (énergie renouvelable). En revanche, il répond à une question plus politique

.....

2. Voir le chapitre 5 de ce volume par A. Mekonnen : *La situation vue de l'Afrique*.

3. Voir le chapitre 24 de ce volume par M. Tavoni : *Le captage et stockage du carbone : rêve ou réalité ?*

4. Voir le chapitre 23 de ce volume par V. Bossetti : *Rôle des énergies renouvelables dans la décarbonisation*.

sur la façon d'améliorer la faisabilité d'un régime climatique international et d'y participer en intégrant la technologie au portefeuille d'accords, et en le faisant de façon pertinente. La question technologique peut aussi être envisagée comme un fondement ou un catalyseur des stratégies d'atténuation et d'adaptation en matière de développement, comme l'abordent Stewart, Rudyck et Oppenheimer⁵.

2. Évaluation des dispositions technologiques actuelles au sein et en dehors de la CCNUCC

2.1. La technologie au sein de la CCNUCC : 1992-2009

La technologie a été un élément constitutif de la CCNUCC depuis ses débuts, en 1992. Elle apparaît dans l'article 4.5, qui prévoit (CCNUCC, 1992) la recommandation suivante :

« Les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II prennent toutes les mesures possibles en vue d'encourager, de faciliter et de financer, selon les besoins, le transfert ou l'accès de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels aux autres Parties, et plus particulièrement à celles d'entre elles qui sont des pays en développement, afin de leur permettre d'appliquer les dispositions de la Convention. Dans ce processus, les pays développés Parties soutiennent le développement et le renforcement des capacités et technologies propres aux pays en développement Parties [...] »

De toute évidence, la Convention impose aux pays développés de participer au transfert de technologie et mentionne aussi de façon explicite la pertinence du renforcement des capacités.

La CCNUCC n'a pas beaucoup approfondi la question du développement et du transfert de technologie en termes de définition d'actions concrètes. Cette situation s'est aggravée au fil du temps, et les pays en développement n'ont cessé de constater que les pays développés ne respectaient pas les dispositions de l'article 4.5. D'autre part, les discussions autour des droits de propriété intellectuelle sont dans l'impasse, bloquant toute négociation ou avancée, y compris jusqu'au niveau ministériel (Abdel-Latif, 2015).

L'activité principale entreprise sous l'égide de la CCNUCC au cours de la période précédant l'accord de Copenhague a été l'élaboration des évaluations des besoins technologiques (EBT), visant à définir et à hiérarchiser les activités relatives aux transferts de technologie dans les pays en développement, en vertu de l'article 4.5 (et, le cas échéant, financées par les pays figurant à l'Annexe II). Dans 60 pays, la première série d'évaluations EBT ou d'activités similaires a fait l'objet d'un rapport de synthèse (CCNUCC, 2006) qui suggère

5. Voir le chapitre 15 de ce volume par R. Stewart, B. Rudyck et M. Oppenheimer : *Une stratégie modulaire pour faire face au changement climatique*.

que les besoins en matière de technologie et de capacités ainsi que les obstacles au transfert de technologie sont relativement connus, mais que les mesures pour y remédier ne sont pas mises en œuvre dans la plupart des cas. Il est peu probable qu'après amélioration, ou dans le cadre de nouvelles négociations, ces évaluations influencent de manière notable les décisions prises par les pays développés concernant l'attribution d'une aide. Parmi les raisons expliquant ce manque d'impact présumé, on peut évoquer la faible pertinence des documents et leur difficulté d'utilisation ainsi qu'un processus de rédaction des évaluations loin d'être inclusif.

2.2. Le mécanisme technologique : de 2010 à aujourd'hui

L'une des réalisations du Plan d'action de Bali (2007) et des accords de Cancún (2010) (CCNUCC, 2010) a été le développement d'un mécanisme technologique au titre de la CCNUCC. Suite à près de deux décennies de discussions éprouvantes et infructueuses sur les transferts de technologie, c'était un résultat acceptable aussi bien pour les pays développés que pour ceux en développement, et cela a contribué à cimenter les accords de Cancún, un ensemble de mesures importantes. En effet, sans ce mécanisme technologique (qui s'ajoute aux discussions sur les pertes et dommages, au Fonds vert pour le climat et au Fonds pour l'adaptation), les pays en développement n'auraient pas accepté le début de la suppression du pare-feu entre les pays figurant à l'Annexe I et ceux n'y figurant pas, comme convenu à Durban, et ne se seraient pas engagés vis-à-vis de tous les pays qui soumettent leur contribution prévue déterminée au niveau national (INDC). La technologie est considérée comme l'un des principaux axes de négociation des pays en développement ; une réponse à cette question est nécessaire si l'on veut un accord qui soit équilibré et acceptable pour ces pays.

De surcroît, au moment où les pays soumettent leur INDC, l'accent mis sur les mécanismes visant à assurer le développement et le transfert de technologie est encore plus évident. Plusieurs pays en développement ont mis en avant les objectifs de réduction des émissions qui dépendent de l'aide internationale, à travers le transfert et la coopération technologiques, le financement et le renforcement des capacités. Par exemple, et comme l'a aussi fait remarquer Kaudia dans cet ouvrage⁶, la contribution du Kenya indique clairement que son ambition de réduction des émissions de 30 % d'ici 2030 par rapport au maintien du statu quo est soumise à l'aide internationale sous la forme de financements, d'investissements, de développement et transfert de technologie, et de renforcement des capacités (République du Kenya, 2015). L'INDC du Mexique comprend un engagement à réduire ses émissions de 40 % d'ici 2030, qui est subordonné à des dispositions similaires (République du Mexique, 2015).

Le mécanisme technologique comprend un organe politique (le Comité exécutif de la technologie ou CET) et un organe de mise en œuvre (le Centre et

6. Voir le chapitre 27 de ce volume par A. Kaudia : *Pour les pays à faible revenu : adapter les objectifs de lutte contre le changement climatique.*

Réseau des technologies climatiques ou CRTC). Le CET a été créé dans le but de « fournir un aperçu des besoins en matière de développement et de transfert de technologies pour l'atténuation et l'adaptation » et de proposer des politiques et des initiatives visant à encourager la coopération technologique. Le CRTC devait promouvoir les réseaux technologiques nationaux, régionaux, sectoriels et internationaux, les organisations et les initiatives visant à mobiliser et renforcer les capacités mondiales en matière de technologie propre, fournir une aide directe aux pays en développement et favoriser une action rapide concernant le déploiement des technologies existantes (CCNUCC, 2010). Il était également envisagé d'établir des liens entre le mécanisme technologique et le mécanisme financier, mais pour l'instant aucun accord n'a été conclu à ce sujet.

Le CET s'est réuni plus de dix fois depuis qu'il a démarré ses activités, en 2011. Il a produit un certain nombre de notes de synthèse sur des sujets pertinents, mais il n'a pas rempli ses promesses, à savoir devenir le conseiller incontournable sur le plan technique et une source d'informations fiable sur le développement et le transfert de technologie pour les pays en développement. L'une des explications à ces insuffisances tient probablement au manque de ressources, mais aussi à la composition du CET – la plupart de ses membres, qu'ils proviennent des pays développés ou en développement, sont des négociateurs sur le climat, ce qui entrave les discussions concrètes et reproduit les mêmes impasses et divergences que celles qui peuvent être observées lors des négociations sur le climat (Coninck et Sagar, 2015). Si la sélection de ses membres reposait davantage sur l'expertise, le CET pourrait se développer comme prévu.

Le CRTC est conçu de manière à conserver une plus grande indépendance par rapport à la CCNUCC, car il agit essentiellement pour son propre compte (bien que son orientation stratégique soit régie par un conseil consultatif composé de négociateurs). Jusqu'à maintenant, sa principale activité consistait à répondre aux requêtes des pays en développement, au travers de leurs nouvelles entités nationales désignées, créées spécialement pour le CRTC. Il est également censé développer un réseau mondial d'organisations œuvrant dans le domaine de la technologie liée au climat (acteurs privés/publics, société civile et recherche). Le réseau CRTC constitue l'espoir des pays en développement : les différentes institutions (dont les entreprises, les organismes de recherche et les ONG) qui le composent sont les instances où devraient être développées les capacités d'exploitation, de maintenance, de fabrication et d'innovation des technologies en lien avec le climat. Bien que la mission du CRTC englobe la coopération en R&D (CCNUCC, 2011), jusqu'à présent aucune activité n'a encore été favorisée dans ce domaine.

Le CRTC a démarré en février 2014, il est donc relativement jeune. Son activité de réponse aux demandes et requêtes, sur la base des informations actuellement disponibles, semble fonctionner correctement. Les demandes concernent aussi bien l'assistance politique et technique que la coopération en matière de recherche, et sont actuellement réparties équitablement entre l'adaptation et l'atténuation. Le point faible du CRTC réside pour l'instant

dans l'aspect « Réseau » qui revêt une importance prioritaire pour les pays ne figurant pas à l'Annexe I. Il n'existe aucune vision de ce que doit faire ce réseau, de la façon de le développer afin qu'il accompagne le renforcement des capacités requises dans les pays en développement, et notamment dans les pays les moins avancés. Le directeur du CRTC a également réclamé un financement accru pour l'organisme qui, malgré la mission indiquée dans les documents antérieurs de la COP, ne bénéficie pas d'un financement structurel et doit lever des fonds auprès des donateurs pour être en mesure de poursuivre ses activités.

2.3. Interventions et financements relatifs à la technologie hors de la CCNUCC

La grande majorité des activités concernant le développement et le transfert de technologie réside, bien sûr, hors du cadre de la CCNUCC. Le secteur privé œuvre en tant qu'exportateur et promoteur de technologie, financeur et développeur de projet. Afin de remédier au problème du financement de technologies climatiques plus risquées, les banques multilatérales de développement ont mis en place des fonds d'investissement pour le climat (FIC) financés par les ministères en charge du développement dans les pays développés. De nombreux programmes nationaux, bilatéraux et internationaux œuvrant en dehors du domaine du climat contribuent au développement et au transfert de technologie mondial, à la coopération technologique, à la croissance verte, etc. (Hultman *et al.*, 2012; Ockwell *et al.*, 2015). Il est difficile de déterminer le niveau de coopération technologique (et les financements qui l'accompagnent) en dehors des programmes spécifiques. D'autre part, plusieurs auteurs ont fait remarquer qu'il était tout aussi difficile (bien que ce soit probablement non intentionnel) d'avoir un aperçu des interventions initiées par le seul secteur public en matière de technologie climatique (Hultman *et al.*; 2012, Coninck et Puig, 2015; Ockwell *et al.*, 2015).

3. Accord de 2015 sur le climat : perspectives concrètes en matière de technologie

Personne ne pense que le régime climatique sera la seule et unique institution visant au développement et au transfert mondial de technologies d'atténuation et d'adaptation, ou favorisant une transformation profonde du système énergétique mondial. Cependant, nombreux sont ceux qui considèrent, notamment dans les pays en développement, les dispositions technologiques des accords de 2015 sur le climat comme l'un des principaux moyens d'atteindre l'objectif des 2 °C et de mettre en œuvre les INDC.

De plus, les pays en développement voient la « technologie » comme une condition de leur droit au développement (en particulier l'accès équitable à la technologie, l'opportunité de développer leurs capacités et de jouer un rôle sur le marché technologique mondial). À l'inverse, le comportement des pays développés dans ce domaine est lié à la protection de leurs intérêts propres.

Cela peut être compris comme une tentative de limiter les tensions politiques et sociales intérieures en période de crise économique et de concurrence internationale croissante.

Un accord sur le climat équilibré doit inclure des dispositions permettant de faire progresser la coopération technologique. Les points suivants pourraient figurer parmi ces dispositions :

- L'accord de Paris doit comprendre des dispositions permettant la mise en œuvre d'une coopération technologique au sein d'un organe de coopération en matière de R&D, éventuellement dans le cadre du mécanisme technologique. Plusieurs auteurs y ont fait allusion sous des formes légèrement différentes. Nous avons expliqué précédemment (PNUE, 2010; Bhasin, 2013) que le mécanisme technologique pourrait faciliter la mise en place d'un organe de recherche multilatéral unique ou décentralisé, similaire aux programmes de recherche et fonds du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI). Il pourrait être transfrontalier et axé sur la R&D de technologies sobres en carbone en se fondant sur la question des biens publics mondiaux en relation avec le changement climatique. Cela encouragerait l'innovation scientifique et renforcerait les capacités d'innovation des pays en développement. De même, dans le présent ouvrage, Toman plaide pour un accord international favorisant la coordination des programmes nationaux de R&D en faveur d'une énergie sobre en carbone et du partage des fruits de l'innovation.
- Les pays développés doivent reconnaître qu'il est dans leur intérêt d'aider les pays en développement à élaborer et à améliorer leurs capacités d'innovation, car c'est seulement ainsi que ces derniers seront en mesure d'atteindre leurs INDC et d'adopter de nouveaux engagements de réduction des émissions. Le mécanisme technologique, et plus spécialement le CRTIC, à travers son réseau, pourrait jouer un rôle clé dans ce domaine, mais il n'est pas encore parvenu à concrétiser ses ambitions. Il est indispensable de lui octroyer plus de moyens et de définir de façon plus ambitieuse sa mission. En outre, le CRTIC pourrait encourager les entités nationales désignées à soumettre des demandes en vue d'accroître les capacités d'un secteur ou le système d'innovation national.
- Le développement et le transfert de technologie nécessitent également des financements. Les Parties doivent préciser les dispositions relatives au financement du développement et du déploiement technologiques. L'accord doit encourager les partenariats entre les organes du mécanisme technologique et les organismes de développement multilatéral, les associations du secteur privé ainsi que les organes de financement lié au changement climatique tels que le Fonds vert pour le climat. Jusqu'à présent, les Parties à la CCNUCC n'ont pas convenu d'un « volet technologique » au sein du Fonds vert pour le climat, ni de toute autre forme de financement structurel pour les activités technologiques. Faute de dispositions permettant d'assurer un financement, la technologie ne sera pas en mesure de jouer le rôle escompté dans le régime climatique.

Les droits de propriété intellectuelle demeurant le point d'achoppement des négociations sur les transferts de technologies, le CET peut essayer de combler l'écart entre pays en développement et pays développés en permettant de débattre d'un certain nombre de mécanismes ouverts d'octroi de licences (p. ex. « communautés de brevets », libre accès, bases de données d'information sur les brevets) et en soutenant le renforcement des capacités au sein des entités nationales désignées des pays en développement et d'autres organismes. Cela devrait permettre aux pays en développement de mieux comprendre les nuances juridiques de l'utilisation de ces communautés de brevets ainsi que la gestion des technologies, et de familiariser les scientifiques et les juristes de ces pays à la rédaction des brevets. Cela devrait également favoriser l'identification de projets susceptibles de bénéficier de technologies libres (Bhasin, 2013). Au minimum, il serait utile d'engager des discussions au cas par cas démontrant le rôle des droits de propriété intellectuelle dans la coopération technologique.

La technologie est généralement considérée comme un fondement du régime climatique et une composante importante d'un accord global en la matière. Malgré le peu d'attention accordée à cette question, l'ampleur, la conception et le financement des dispositions technologiques d'un accord conditionnent l'acceptation du résultat de la COP21 par les pays en développement. Concernant la coopération en R&D, les capacités d'innovation et le financement, il est urgent de proposer des dispositions ambitieuses mais réalistes, de façon à ce que la « technologie » soit ce qu'elle devrait être : un facilitateur d'accords.

Références

- ABDEL-LATIF A., 2015, « Intellectual property rights and the transfer of climate change technologies: issues, challenges, and way forward », *Climate Policy* 15 (1), p. 103-126.
- BARRETT S. et TOMAN M., 2010, « Contrasting Future Paths for an Evolving Global Climate Regime », *Global Policy* 1 (1), p. 64-74.
- BHASIN S., 2013, « International Technology Cooperation: Lessons for the Upcoming Technology Mechanism of the United Nations Framework Convention on Climate Change », document d'information 20/2013, Deutsche Institut für Entwicklungspolitik, Bonn.
- BYRNE R., 2013, *Climate Technology & Development Case study: Compact Fluorescent Lamps (CFLs)*, Londres, Climate Strategies (disponible en anglais à l'adresse : <http://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2015/01/Climate-Technology-and-Development-Case-Study-Compact-Fluorescent-Lamps-CFLs-Rob-Byrne-final.pdf>)
- CCNUCC, 1992, *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, Bonn.
- CCNUCC, 2006, *Synthesis report on technology needs identified by Parties not included in Annex I to the Convention*, Bonn.

- CCNUCC, 2010, « Rapport de la Conférence des Parties sur sa seizième session, tenue à Cancún du 29 novembre au 10 décembre 2010 », Bonn.
- CCNUCC, 2011, « Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention to be presented to the Conference of the Parties for adoption at its seventeenth session. Draft conclusions by the chair », Bonn.
- CHAUDHARY A., KRISHNA C. et SAGAR A., 2015, « Policy making for renewable energy in India: lessons from wind and solar power sectors », *Climate Policy* 15 (1), p. 58-87.
- CHERLET J., 2014, « Epistemic and Technological Determinism in Development Aid », *Science, Technology & Human Values* 39 (6), p. 773-794.
- CONINCK H.C. et PUIG D., 2015, « Assessing climate change mitigation technology interventions by international institutions », *Climatic Change* 131 (3), p. 417-433.
- CONINCK H.C. et SAGAR A.S., 2015, « Technology in the 2015 Paris Climate Agreement and beyond » (à paraître).
- GALLAGHER K.S., 2014, *The Globalization of Clean Energy Technology*, Cambridge, État du Massachusetts, États-Unis, MIT Press.
- GEELS F.W., 2002, « Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study », *Research Policy* 31 (8), 1257-1274.
- GIEC, 2000, *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- GRUBB M., HOURCADE J.C. et NEUHOFF K., 2013, *Planetary Economics: Energy, climate change and the three domains of sustainable development*, Londres, Routledge.
- HASELIP J., HANSEN U., PUIG D., TRÆRUP S. et DHAR S., 2015, « Governance, enabling frameworks and policies for the transfer and diffusion of low carbon and climate adaptation technologies in developing countries », *Climatic Change* 131 (3), p. 363-370.
- HULTMAN N., SIERRA K., EIS J. et SHAPIRO A., 2012, *Green Growth Innovation: New Pathways for International Cooperation*, Washington DC, GGGI and the Brookings Institution.
- IONITA R., WÜRTEMBERGER L., MIKUNDA T. et de CONINCK H., 2013, *Climate Technology & Development: Energy efficiency and GHG reduction in the cement industry. Case study of Sub-Saharan Africa*, Londres, Climate Strategies (disponible en anglais à l'adresse : <http://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2014/10/Climate-Technology-and-Development-Case-study-Cement-Ionita-et-al-final.pdf>)
- O'BRIEN K., 2011, « Global environmental change II: From adaptation to deliberate transformation », *Progress in Human Geography* 36 (5), p. 667-676.

- OCKWELL D., SAGAR A.S. et de CONINCK H.C., 2015, « Collaborative research and development (R&D) for climate technology transfer and uptake in developing countries: towards a needs driven approach », *Climatic Change* 131 (3), p. 401-415.
- PACALA S. et SOCOLOW R., 2004, « Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies », *Science* 30 s, p. 968-972.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2010, « An exploration of options and functions of climate technology centres and networks », document d'analyse, PNUE, Paris.
- République du Kenya, 2015, « Kenya's Intended Nationally Determined Contribution (INDC) under the UNFCCC » (dernière consultation le 13 août 2015), http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Kenya/1/Kenya_INDC_20150723.pdf.
- République du Mexique, 2015, « Mexico's Intended Nationally Determined Contribution (INDC) under the UNFCCC » (dernière consultation le 13 août 2015), <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>.

PARTIE VII

LE FINANCEMENT DE L'ACTION CLIMATIQUE

Chapitre 32

Aspects macroéconomiques de la politique climatique : investissements et flux financiers

Emanuele Massetti

De nombreuses études se sont penchées sur les transformations technologiques et le coût économique de divers scénarios de politique d'atténuation climatique (Clarke *et al.*, 2014). Pratiquement tous en estiment le coût économique et détaillent les options technologiques à moindre coût permettant d'atteindre le niveau souhaité de concentration de gaz à effet de serre (GES). La faisabilité technique et le coût macroéconomique, pour la société, de différentes approches possibles de stabilisation des émissions de GES sont des facteurs de la plus haute importance pour les décideurs et les négociateurs.

Les priorités des chercheurs sont donc bien justifiées. Cependant, les décideurs et les négociateurs ont également besoin d'autres informations telles que des données sur les investissements et les autres flux financiers induits par la politique d'atténuation climatique. Par exemple, la répartition à moyen et à long terme des besoins d'investissement entre les pays constitue un aspect important de la négociation d'accords de partage des charges. Les économistes suggèrent que la taxe carbone ou l'échange de droits d'émission de GES constituent les outils les plus efficaces pour décarboniser nos économies et que les recettes issues de cette taxe carbone peuvent servir à renforcer l'efficacité du mécanisme de taxation. Les décideurs se sont souvent montrés favorables à l'utilisation de cette recette pour accélérer les efforts d'atténuation et d'adaptation. Il est donc important d'estimer à l'avance les flux financiers de la tarification du carbone. D'autres questions politiquement sensibles sont impossibles à traiter sans une idée globale des conséquences macroéconomiques de la politique climatique. Par exemple, tous les scénarios qui stabilisent les émissions de GES afin d'atteindre l'objectif des 2 °C préconisent de diminuer considérablement la consommation d'énergies fossiles et d'augmenter celle des bioénergies très au-dessus de son niveau actuel. Quelles sont les implications financières de ces préconisations pour les producteurs d'énergies fossiles ? Quel effet à long terme la politique d'atténuation climatique exercera-t-elle sur la balance des paiements des pays gros exportateurs d'énergies fossiles ? Quel sera l'ordre de grandeur des recettes que pourront escompter les producteurs de biomasse ?

Malheureusement, aucune de ces questions n'a reçu de réponse satisfaisante. Pour la première fois, le dernier rapport en date du Groupe de travail III du GIEC consacre un chapitre entier à la question transversale des flux finan-

ciers et de l'investissement que soulève la politique d'atténuation climatique (Gupta *et al.*, 2014). Néanmoins, l'une de ses principales conclusions est de constater la rareté des travaux à ce sujet.

Cependant, un nombre croissant d'études donnent une idée de la diversité des impacts macroéconomiques de la politique climatique. Ce chapitre passe en revue ces travaux et présente les résultats et les idées qui, en dépit de leur caractère partiel et incertain, méritent d'être pris en compte dans les négociations sur le changement climatique. Un nombre croissant de travaux s'intéresse au paysage actuel du financement climatique mondial (p. ex., Buchner *et al.*, 2014; Buchner et Wilkinson, 2015¹). Le présent chapitre n'en parlera pas et se limitera à ceux dont les estimations des besoins d'investissement et des flux financiers futurs font appel à des modèles d'évaluation intégrés (MEI).

La section 1 examine les travaux consacrés aux scénarios de besoins d'investissement futurs liés à l'atténuation du changement climatique; la section 2, le revenu potentiel de la tarification du carbone; la section 3, les estimations de besoins d'investissement liés à l'adaptation au changement climatique.

1. Besoins d'investissement

Sans politique climatique, la production d'énergie à partir de combustibles fossiles représentera la part la plus importante des investissements consacrés au secteur de l'électricité (Gupta *et al.*, 2014). Les études passées en revue estiment le montant moyen des investissements annuels dans la production d'énergie à partir de combustibles fossiles à 182 milliards de dollars US (entre 95 et 234 milliards) sur la période 2010-2029 et à 287 milliards de dollars US (entre 158 et 364 milliards) de 2030 à 2049. Ces chiffres équivalent à environ 50 % du montant total des investissements dans la production d'électricité entre 2010 et 2049. Quatre-vingts pour cent de ces investissements devraient bénéficier aux pays non membres de l'OCDE.

Toutes les études examinées prévoient une forte croissance des énergies renouvelables dans le cadre d'un scénario de maintien du statu quo, avec des investissements annuels moyens compris entre 131 et 336 milliards de dollars US pour la période 2030-2049. Les investissements dans le nucléaire devraient progresser eux aussi, mais avec une marge d'incertitude supérieure: entre 2030 et 2049, ces mêmes études avancent en effet des scénarios allant de zéro (disparition progressive du nucléaire) à 155 milliards de dollars US par an.

Une politique climatique visant à stabiliser les concentrations de GES entre 430 et 530 ppm eqCO_2 d'ici 2100 (avec une probabilité d'environ 50 % d'atteindre l'objectif des 2 °C) déplace très nettement les investissements vers les énergies renouvelables, le nucléaire et les centrales à combustibles fossiles dotées de dispositifs de captage et de stockage du carbone, au détriment des

1. Voir le chapitre 33 de ce volume par B. Buchner et J. Wilkinson: *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »*.

.....

énergies fossiles. Les technologies de production à partir d'énergies renouvelables et le nucléaire auront besoin d'investissements immédiats plus élevés, mais leurs dépenses en combustibles seront faibles ou nulles. Les centrales à combustibles fossiles dotées de dispositifs de captage et de stockage du carbone se caractériseront quant à elles par des coûts d'investissement initiaux supérieurs et des dépenses plus élevées en combustibles en raison de la perte d'efficacité du captage de CO₂.

Une politique climatique qui détourne les investissements des centrales à énergies fossiles entraîne une augmentation potentielle des besoins d'investissement. Cependant, parce qu'une politique d'atténuation alourdit le coût de la production d'électricité, elle incite davantage à réduire la demande et diminue du même coup le besoin d'investissement. Seule une étude empirique permettra de déterminer lequel de ces deux effets prévaudra.

Globalement, les scénarios intermédiaires suggèrent que, avec une politique climatique, les investissements dans la production d'électricité progresseront d'environ 100 milliards de dollars US par an jusqu'en 2029 et de 400 milliards de dollars US par an entre 2030 et 2049. Le tableau 32.1. fournit des données supplémentaires. Ce volume d'investissement équivaut à peu près au flux mondial actuel des investissements dans la production d'électricité (McCollum *et al.*, 2013). Pour mettre ces chiffres en perspective, 400 milliards de dollars US par an représentent 0,5 % du produit mondial brut de 2013. Cependant, en supposant un taux de croissance de 2,5 % d'ici 2050, les investissements progressifs ne représenteront que 0,2 % du produit mondial brut à cette date. D'autres études sont parvenues à la conclusion que les investissements dans la production d'électricité risqueraient de décliner dans le cadre d'un scénario de maintien du statu quo en raison de la chute de la demande d'électricité (Carraro *et al.*, 2012; Iyer *et al.*, 2015).

Aucune des estimations ci-dessus n'inclut d'investissements dans le réseau électrique ou dans le stockage de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables parce que pratiquement aucune des études examinées par le GIEC ne fournit cette information. Selon une étude, la rénovation du réseau de transmission et de distribution et la mise en place de la capacité de stockage requise pour gérer la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables nécessitent 17 milliards de dollars US supplémentaires par an (Riahi *et al.*, 2012).

Les investissements dans l'efficacité énergétique ne sont pas faciles à évaluer parce que l'amélioration de l'efficacité peut prendre diverses formes. Les gains d'efficacité énergétique sont souvent intégrés dans de nouveaux investissements et il est difficile de démêler le coût de chaque composante de montages complexes. L'efficacité énergétique croît également avec l'investissement dans de nouveaux matériels et de nouvelles pratiques de gestion difficile à quantifier. Deux études examinées par le GIEC suggèrent que les investissements progressifs dans l'efficacité énergétique pourraient atteindre 600 milliards de dollars US par an en 2030 et 800 milliards de dollars US par an en 2050 (Gupta *et al.*, 2014 et tableau 32.1.).

Tableau 32.1. Évolution de l'investissement annuel moyen dans les scénarios d'atténuation

	2010-2029					2030-2049				
	Nombre d'études	Médiane	Minimum	Moyenne	Maximum	Nombre d'études	Médiane	Minimum	Moyenne	Maximum
Monde										
Production d'électricité totale	5	126,3	16,5	104,1	205,2	2	249,9	132,9	249,9	367,0
Énergies renouvelables	5	85,4	-3,2	86,0	175,6	2	115,6	19,1	115,6	212,1
Nucléaire	5	31,6	27,7	43,1	66,8	2	86,8	61,1	86,8	112,6
Centrales avec CSC	5	29,8	6,3	40,7	117,2	2	250,1	180,4	250,1	319,9
Total des centrales à combustibles fossiles	5	-29,7	-165,8	-65,6	-2,1	2	-202,6	-267,2	-202,6	-138,0
Extraction des combustibles fossiles	5	-55,9	-368,9	-115,7	8,3	2	-495,7	-724,6	-495,7	-266,8
Efficacité énergétique transsectorielle	4	335,7	0,8	328,3	641,0	1	458,0	458,0	458,0	458,0
R&D dans le secteur de l'énergie*	3		4,5		78,0			115,0		126,0
Hors OCDE										
Production totale d'électricité	4	48,3	-1,1	51,4	110,1	3	378,9	215,0	347,3	448,1
Énergies renouvelables	4	44,5	-1,5	48,4	105,9	3	226,8	25,7	173,4	267,6
Nucléaire	4	20,0	16,4	19,8	23,1	3	120,4	83,6	117,6	148,8
Centrales avec CSC	4	19,7	4,4	32,0	84,4	3	219,6	66,9	247,9	457,2
Total des centrales à combustibles fossiles	4	-34,8	-110,8	-48,8	-14,9	3	-159,5	-351,5	-191,5	-63,6
Extraction des combustibles fossiles	4	-33,9	-278,5	-85,4	4,9	3	-451,3	-1384,5	-722,5	-331,8
Efficacité énergétique transsectorielle	3	301,3	0,4	211,5	332,7	2	681,0	571,8	681,0	790,1
OCDE										
Production d'électricité totale	4	40,1	13,3	47,2	95,1	2	81,6	81,1	81,6	82,1
Énergies renouvelables	4	32,0	-1,7	37,8	88,7	2	31,1	6,6	31,1	55,5
Nucléaire	4	24,7	11,3	26,1	43,7	2	15,2	7,9	15,2	22,5
Centrales avec CSC	4	14,6	1,9	16,0	32,8	2	88,3	39,2	88,3	137,3
Total des centrales à combustibles fossiles	4	-28,9	-71,6	-32,6	-1,1	2	-52,9	-84,3	-52,9	-21,5
Extraction des combustibles fossiles	4	-13,2	-90,4	-28,3	3,4	2	-363,0	-659,9	-363,0	-66,1
Efficacité énergétique transsectorielle	3	186,4	0,4	165,0	308,3	1	113,8	113,8	113,8	113,8

Remarques : scénarios d'atténuation stabilisant les concentrations dans une fourchette de 430 à 530 ppm eqCO_2 d'ici 2100. Évolution par rapport à la moyenne des investissements de base respectifs. Pour la liste complète des références, voir les notes des figures 16.3 et 16.4 dans Gupta *et al.*, 2014.

Sources : données utilisées pour générer les figures 16.3 et 16.4 in Gupta *et al.*, 2014. *Investissements dans la R&D tirés de CCNUCC, 2007; Carraro *et al.*, 2012; McCollum *et al.*, 2013 pour la période 2010-2029, et de Carraro *et al.*, 2012; Marangoni et Tavoni, 2014; McCollum *et al.*, 2013; Bosetti *et al.*, 2009; AIE, 2010.

Il est également rare que les modèles estiment l'influence sur le coût du financement de facteurs complexes tels que les institutions. Iyer *et al.* (2015) constatent une augmentation des investissements dans l'atténuation du changement climatique lorsque l'on prend en compte les disparités institutionnelles qui existent entre différentes régions du monde.

Très peu de modèles suivent les dépenses de recherche et développement (R&D) consacrées à l'atténuation climatique. Il est communément admis que la politique d'atténuation climatique incitera à innover et entraînera une hausse des dépenses de R&D, mais les besoins d'investissement futurs sont très difficiles à estimer. Les travaux étudiés prévoient une progression probablement considérable des investissements dans la R&D énergétique par rapport au niveau actuel. Mais en termes absolus l'augmentation restera modeste. Actuellement, les investissements dans la R&D énergétique représentent environ 0,02 % du PIB (Bosetti *et al.*, 2009). À partir des données du tableau 32.1. et en supposant une croissance constante de 2,5 % de l'économie mondiale, les investissements supplémentaires dans la R&D seraient compris entre 0 et 0,08 % du PIB mondial en 2030 et environ 0,07 % en 2050.

En outre, très peu d'études évaluent l'impact de la politique climatique sur les investissements dans l'extraction des combustibles fossiles. Ce secteur subira de plein fouet l'impact de la politique d'atténuation. Les conséquences d'une politique de cette nature sur l'extraction des combustibles fossiles sont évidentes, mais l'estimation des besoins d'investissement est très difficile à réaliser en l'absence de données fiables. Les scénarios étudiés par le GIEC envoient plusieurs messages clairs. Premièrement, la politique climatique réduira de manière considérable la demande de combustibles fossiles. Des politiques visant l'objectif des 2 °C entraîneront l'effondrement du revenu et des recettes de l'extraction pétrolière. Les investissements dans l'extraction pétrolière chuteront légèrement par rapport à leur niveau actuel (Carraro *et al.*, 2012; Gupta *et al.*, 2014). Les centrales à charbon et au gaz naturel, même équipées de dispositifs de captage et de stockage, finiront pas perdre leur rentabilité du fait d'un taux de captage inférieur à 100 %.

Cette situation a des conséquences notables et souvent négligées pour les pays exportateurs d'énergies fossiles, notamment ceux dotés d'abondantes et onéreuses ressources non classiques. Pour les pays développés, le revers de la médaille de la sécurité énergétique est l'insécurité économique des pays en développement et en transition exportateurs d'énergies fossiles. Il reste suffisamment de temps pour procéder à une transition en douceur, mais il faudrait d'ores et déjà prendre des mesures pour renforcer à grande échelle les

compétences et les capitaux dans des pays dont l'économie manque souvent de dynamisme.

À l'inverse, certains pays risquent de devenir de gros exportateurs de biomasse. Tous les scénarios axés sur l'objectif des 2 °C évalués par le GIEC s'appuient sur un recours massif aux bioénergies à la fin du siècle (Clarke *et al.*, 2014). Ces modèles postulent implicitement que le commerce international de la biomasse égalisera la demande et l'offre mondiales. Cependant, ils ne s'intéressent pas aux implications financières d'un nouveau marché qui pourrait s'avérer aussi lucratif que celui du pétrole aujourd'hui (Favero et Massetti, 2014). Les scénarios visant l'objectif des 2 °C prévoient un déplacement des recettes des propriétaires de ressources pétrolières vers les propriétaires terriens dans les pays à productivité de biomasse élevée tels que le Brésil et la Russie. Dans certains cas, il ne s'agit que d'une réaffectation nationale des recettes. Dans d'autres, on assistera à une redistribution internationale de la richesse.

2. Revenus de la tarification du carbone

La mise en œuvre de la politique d'atténuation climatique peut prendre diverses formes. Elle peut faire appel à des politiques contraignantes, à des outils de marché ou aux deux. En cas de mise aux enchères des quotas d'émission, la taxe carbone et le système de plafonnement et d'échange génèrent en général le même flux de revenus. En théorie, il est possible de multiplier la taxe carbone par le niveau d'émission de GES en vue d'estimer la taille de ces flux (Carraro *et al.*, 2012). Une taxe carbone visant l'objectif des 2 °C générerait en 2050 jusqu'à 3 000 milliards de dollars US par an de revenu dans les pays de l'OCDE, soit 3,5 % de leur PIB consolidé. La mise en place de programmes de réforme fiscale transférant la charge fiscale de la main-d'œuvre et d'autres actifs productifs vers des externalités environnementales négatives présente un fort potentiel (Goulder, 1995; Parry et Bento, 2000).

Dans les pays en développement, le revenu de la taxe carbone pourrait représenter entre 5 et 10 % du PIB en 2025, et jusqu'à 20 et 25 % en 2050 (Carraro *et al.*, 2012). Ces chiffres sont très élevés, mais dans certains pays en développement, le recouvrement de ces taxes risque de s'avérer difficile. Dans un grand nombre d'entre eux, le revenu de la taxe carbone pourrait excéder le total des revenus fiscaux existants (Tol, 2012). La gestion de flux financiers d'une telle ampleur requiert de renforcer les institutions et les marchés des pays les moins avancés (Tol, 2012).

Quelle sera la durée de vie de ce revenu hypothétique lié au prix du carbone ? Il s'agit là d'une question importante pour la planification budgétaire. Comme un scénario visant l'objectif des 2 °C repose sur des émissions de GES très faibles ou nulles à la fin du siècle, les revenus fiscaux finiront inévitablement par tomber à zéro. Le profil d'évolution des recettes issues de la tarification du carbone d'ici la fin du siècle dépend de la rapidité du déclin des émissions et de la hausse du prix du carbone. Si ce dernier augmente plus vite que

les émissions ne diminuent, le revenu grimpera. Si les émissions déclinent plus vite que le prix du carbone, le revenu tiré de sa tarification ira en diminuant.

Il faut garder à l'esprit que l'existence d'un programme de tarification du carbone implique de subventionner impérativement les activités qui éliminent les émissions de l'atmosphère. La subvention devra être égale au prix du carbone. Autrement dit, tous les scénarios qui avancent un total net d'émissions négatives à la fin du siècle supposent aussi que les décideurs pourront les subventionner au moyen d'autres recettes fiscales.

En général, les économistes spécialistes du changement climatique exécutent des modèles d'évaluation intégrés supposant un prix du carbone uniforme sur le plan international, et donc économiquement efficace. L'efficacité permet d'atteindre l'objectif international de température au moindre coût. L'hypothèse sous-jacente est que tout problème d'équité éventuel peut être résolu en indemnisant les consommateurs à faible revenu grâce aux gains d'efficacité. Par exemple, les pays à revenu élevé pourraient abaisser le coût de l'atténuation pour les pays en développement soit en mettant en œuvre un programme mondial de plafonnement et d'échange doté de quotas gratuits pour les pays en développement, soit en investissant directement dans des mesures de décarbonisation². Les implications financières des programmes de répartition de cette nature sont considérables et souvent inexplorées, à quelques exceptions notables près (p. ex., McKibbin *et al.*, 1998).

Par exemple, un programme de quotas axé sur l'équité et procédant par égalisation de l'effort de réduction international générerait vers les pays en développement des flux financiers annuels moyens compris entre 67 et 800 milliards de dollars US (McCollum *et al.*, 2013). Dans certaines régions, ces flux représenteraient une part importante du PIB (McCollum *et al.*, 2013). La mise en œuvre de ces transferts pourrait se heurter à des barrières institutionnelles, politiques, financières et macroéconomiques. Ces considérations d'une importance majeure sont rarement abordées. Le compromis entre efficacité et équité pourrait s'avérer coûteux.

L'examen mené par le GIEC mentionné plus haut indique que les pays non membres de l'OCDE pourraient avoir besoin de 0 à 100 milliards de dollars US par an d'investissements progressifs dans la capacité de production d'électricité et ce, jusqu'en 2029, avec une estimation médiane d'environ 50 milliards de dollars US (voir le tableau 32.1.). Entre 2030 et 2049, les besoins d'investissement pourraient passer à 270 milliards de dollars US par an dans le cadre d'un scénario médian. Cependant, comme indiqué plus haut, ces estimations demeurent très incertaines.

2. Voir le chapitre 20 de ce volume par R.N. Stavins : *Liaisons requises entre les politiques régionales, nationales et infranationales du climat.*

3. Besoins d'investissement liés à l'adaptation

L'évaluation des besoins d'investissement que requiert l'adaptation au changement climatique est beaucoup plus difficile à réaliser que dans le cas de l'atténuation. L'adaptation n'étant pas contrainte par des problèmes de coordination internationale, on peut raisonnablement s'attendre à ce que l'essentiel des activités d'adaptation soit d'ordre privé et mené à relativement petite échelle (Mendelsohn, 2002). Le changement du type de cultures, le renforcement de l'irrigation et la modification des dates de semis et de récolte constituent des exemples de mesures d'adaptation privées prises dans l'agriculture, l'un des secteurs les plus sensibles aux aléas climatiques. Le recours accru à la climatisation est une autre activité d'adaptation privée. Malheureusement, il n'existe aucune estimation des besoins d'investissement de ces types d'adaptation.

En revanche, quelques études quantifient les investissements requis pour les projets d'adaptation publics de grande ampleur. Cependant, les travaux de recherche fournissent peu de faits probants (Chambwera *et al.*, 2014). Aucune publication évaluée comme fiable par les pairs ne vient étayer le chiffre souvent cité de 100 milliards de dollars US par an que nécessiterait l'adaptation dans les pays en développement (CCNUCC, 2007).

Les négociateurs et les décideurs doivent être conscients qu'il est pratiquement impossible d'estimer avec précision les besoins d'investissement de l'adaptation. Premièrement, les futures tendances climatiques locales sont on ne peut plus incertaines. Deuxièmement, il est impossible de prédire avec certitude les effets du changement climatique futur. Troisièmement, la nature des mesures d'adaptation choisies par les particuliers, les entreprises et les gouvernements demeure floue. Enfin, les investissements dans l'adaptation au changement climatique sont difficiles à démêler d'autres investissements.

Les seules données fiables concernent les investissements dans la protection contre la hausse du niveau de la mer (Agrawala et Fankhauser, 2008). Les investissements consacrés à la protection des grandes villes côtières devraient être de l'ordre de quelques milliards de dollars US par ville en ce qui concerne la construction initiale, et de 2 % concernant les coûts de maintenance (Hallegatte *et al.*, 2013). À l'échelle mondiale, le coût d'une protection contre la hausse du niveau de la mer répondant à des critères de coûts/bénéfices devrait s'élever à 0,02 % du PIB mondial dans le pire des scénarios prévus avant la fin du siècle (Nicholls *et al.*, 2010). L'estimation des investissements dans la R&D liés à l'adaptation au changement climatique relève, elle aussi, de la spéculation.

Conclusions

Quels enseignements les décideurs et les négociateurs œuvrant contre le changement climatique peuvent-ils tirer de ces études ?

Premièrement, la politique climatique fera des gagnants et des perdants. La politique d'atténuation augmentera fortement la demande de production

d'énergie éolienne et solaire ainsi que de centrales nucléaires et hydroélectriques. Les technologies de pointe efficaces et le savoir-faire en matière de gestion de l'énergie seront très recherchés. Les producteurs de ce type de biens tireront largement profit de la politique d'atténuation climatique. Le secteur de la forêt et les producteurs de biomasse pouvant remplacer les énergies fossiles engrangeront des gains substantiels. Les grands perdants de la politique d'atténuation climatique seront les producteurs de combustibles fossiles.

Les pays dont l'économie dépend largement de l'extraction de combustibles fossiles subiront des pertes considérables s'ils ne transforment pas leurs industries. La politique d'atténuation sera probablement défavorable à ceux qui se trouvent dans l'incapacité de produire des technologies d'énergies renouvelables ainsi que des biens de consommation et d'équipement à efficacité énergétique élevée. L'existence de gagnants et de perdants est importante parce qu'elle influe fortement sur les négociations climatiques internationales. Il sera probablement impossible d'arriver à un accord international sans une forme d'indemnisation en faveur des pays appelés à perdre les recettes importantes qu'ils tirent des combustibles fossiles.

Deuxièmement, les gouvernements qui se servent de la tarification du carbone comme d'un outil stratégique, qu'il s'agisse de la taxe carbone ou de la vente aux enchères de quotas d'émission, en tireront un revenu important. La théorie économique ne préconise pas d'utiliser ces fonds pour augmenter les dépenses gouvernementales et n'encourage pas non plus leur recyclage dans des projets d'atténuation ou d'adaptation. Il convient d'utiliser les recettes issues de la taxe carbone dans les domaines où elles garantissent le rendement social le plus élevé. Dans les pays développés par exemple, elles pourraient servir à réduire les taxes à effet de distorsion, telles que celles qui frappent la main-d'œuvre. Les pays en développement pourraient quant à eux utiliser les fonds carbone au profit du développement et de la lutte contre la pauvreté. Il n'existe pas de réponse universelle et l'utilisation optimale de ce revenu diffèrera selon les pays.

Troisièmement, la part la plus importante des investissements dans les technologies d'atténuation climatique aura lieu dans les pays en développement. Les modalités de financement de ces investissements, c'est à dire le partage des charges, doivent nécessairement figurer au cœur des négociations internationales. Il sera probablement impossible de mettre en œuvre une politique climatique efficace à l'échelle mondiale sans transferts importants des pays à revenu élevé vers ceux à faible revenu. En l'absence d'une entente sur le partage des charges, un accord climatique sera au mieux timoré et au pire inefficace.

Quatrièmement, les investissements requis pour l'atténuation et l'adaptation seront probablement majoritairement privés. Une fois les bonnes mesures d'incitation en place, p. ex. une taxe carbone, les gouvernements n'auront pas à investir dans des centrales solaires. Ils n'auront pas non plus besoin d'investir dans les activités d'adaptation privées parce que les particuliers et les entreprises sont déjà enclins à le faire. En revanche, ils devront investir des

ressources dans les domaines où les marchés sont défaillants : la réglementation des nouvelles technologies, la R&D dans le domaine de la recherche fondamentale et les mesures d'adaptation publiques. Dans un monde où les budgets publics sont limités, il est important que les États s'occupent en priorité de remédier aux défaillances du marché plutôt que de soutenir des projets qui évincent les investissements privés.

Cinquièmement, si les bonnes mesures d'incitation sont en place et si les marchés du crédit fonctionnent bien, les investisseurs privés pourront financer leurs investissements en faisant appel aux marchés financiers mondiaux. Les investissements supplémentaires nets dans la décarbonisation de l'économie devraient être importants en termes absolus, mais modestes par rapport au PIB. Les données limitées résumées dans le tableau 32.1. indiquent une progression des investissements de 0,4 % au maximum du PIB en 2050 en supposant une croissance constante de l'économie mondiale de 2 %. Les marchés financiers pourront transférer les ressources des secteurs où elles ne sont pas nécessaires (p. ex., les mines de charbon) vers des secteurs en expansion (p. ex., le solaire et l'éolien).

Actuellement, le fossé important constaté entre les investissements actuels et escomptés dans l'atténuation résulte de politiques climatiques timorées³. Les lacunes de la politique d'atténuation climatique génèrent des lacunes au niveau des investissements. La théorie et l'évidence empirique laissent à penser qu'une fois l'externalité environnementale corrigée de manière convaincante, les investissements iront là où ils sont requis. Les marchés sont de toute évidence imparfaits et il revient aux pouvoirs publics d'intervenir pour ajuster leurs défaillances. Mais tout cela paraît secondaire. Les décideurs et les négociateurs devraient se concentrer sur le problème fondamental du changement climatique : les émissions de GES sont une externalité qui ne coûte rien aux pollueurs. Si les décideurs remédient aux « lacunes de la politique », ils remédieront du même coup aux « lacunes de l'investissement ».

Références

- Agence internationale de l'énergie (AIE), 2010, *Global Gaps in Clean Energy RD&D: Updates and Recommendations for International Collaboration*, Paris.
- AGRAWALA S. et al., 2008, « Economic and Policy Instruments to Promote Adaptation » in *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*, Paris, Publications de l'OCDE.
- BOSETTI V., CARRARO C., MASSETTI E., SGOBBI A. et TAVONI M., 2009, « Optimal energy investment and R&D strategies to stabilize atmospheric greenhouse gas concentrations », *Resource and Energy Economics* 31 (2), p. 123-137.

3. Voir le chapitre 33 de ce volume par B. Buchner et J. Wilkinson : *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »*.

-
- BUCHNER B., STADELMANN M., WILKINSON J., MAZZA F., ROSENBERG A. et ABRAMSKIEHN D., 2014, *Global Landscape of Climate Finance 2014*, Climate Policy Initiative.
 - CARRARO C., FAVERO A. et MASSETTI E., 2012, « Investments and public finance in a green, low carbon, economy », *Energy Economics* 34, S15-S28.
 - CCNUCC, 2007, « Investment and financial flows to address climate change », Bonn.
 - CHAMBWERA M., HEAL G. *et al.*, 2014, « Economics of Adaptation » in GIEC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - CLARKE L., JIANG K. *et al.*, 2014, « Assessing Transformation Pathways » dans GIEC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - FAVERO A. et MASSETTI E., 2014, « Trade of woody biomass for electricity generation under climate mitigation policy », *Resource and Energy Economics* 36 (1), p. 166-190.
 - GOULDER L.H., 1995, « Environmental Taxation and the “Double Dividend”: A Reader’s Guide », *International Tax and Public Finance* 2 (2), p. 157-183.
 - GUPTA S., HARNISCH J. *et al.*, 2014, « Cross-cutting Investment and Finance Issues » in GIEC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
 - HALLEGATTE S., GREEN C., NICHOLLS R.J. et CORFEE-MORLOT J., 2013, « Future flood losses in major coastal cities », *Nature Climate Change* 3 (9), p. 802-806.
 - IYER G.C., CLARKE L.E., EDMONDS L.A., FLANNERY B.P., HULTMAN N.E., MCJEON H.C. et VICTOR D.G., 2015, « Improved representation of investment decisions in assessments of CO₂ mitigation », *Nature Climate Change* 5, p. 436-440.
 - MARANGONI G. et TAVONI M., 2014, « The clean energy R&D strategy for 2°C », *Climate Change Economics* 5 (01).
 - MCCOLLUM D., NAGAI Y., RIAHI K., MARANGONI G., CALVIN K. *et al.*, 2013, « Energy Investments under Climate Policy: A Comparison of Global Models », *Climate Change Economics* 4 (04).
 - MCKIBBIN W.J., WILCOXEN P.J. et SHACKLETON R., 1998, « The Potential Effects of International Carbon Emissions Permit Trading Under the Kyoto Protocol », Asia Pacific Academy of Economics and Management, Australian National University.
 - MENDELSON R., 2000, « Efficient Adaptation to Climate Change », *Climatic Change* 45 (3-4), p. 583-600.
 - NICHOLLS R.J., MARINOVA N., LOWE J.A., BROWN S., VELLINGA P. *et al.*, 2011, « Sea-level rise and its possible impacts given a ‘beyond 4 C world’ in the twenty-first century », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369 (1934), p. 161-181.
 - PARRY I.W. et BENTO A.M., 2000, « Tax Deductions, Environmental Policy,

and the “Double Dividend” Hypothesis», *Journal of Environmental Economics and Management* 39 (1), p. 67-96.

- RIAHI K., DENTENER F., GIELEN D., GRUBLER A., JEWELL J. *et al.*, 2012, «Energy Pathways for Sustainable Development» in *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press et Laxenburg, Autriche, International Institute for Applied Systems Analysis, p. 1203-1306.
- TOL R.S., 2012, «Leviathan carbon taxes in the short run», *Climatic Change* 114 (2), p. 409-415.

Chapitre 33

Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »

Barbara Buchner et Jane Wilkinson

Les profondes mutations nécessaires à l'avènement d'une économie mondiale sobre en carbone et résiliente face au changement climatique nécessitent une réorientation massive des flux de capitaux en faveur d'activités sans danger pour le climat. En moins de dix ans, le paysage financier international s'est considérablement modifié et nous savons mieux comment mobiliser des financements en faveur de l'action climatique. Plus conscients des risques et des opportunités que présente l'action climatique, les acteurs publics et privés étudient de nouveaux modes d'investissement, soucieux de mieux concilier leurs politiques, les intérêts privés et le besoin pressant d'augmenter le financement de l'action climatique. Ce chapitre dépeint la situation actuelle du financement de l'action climatique, passe en revue les sources, les acteurs et les instruments qui pourraient être adaptés aux besoins des pays en développement, et fournit des données permettant de vérifier si les options envisagées sont propices à la mobilisation de fonds.

1. Les bailleurs du financement de l'action climatique et la nouvelle entente mondiale

En vue du sommet de Paris de décembre 2015, les pays ont réfléchi à des objectifs de réduction d'émissions et à des plans d'action. Une des questions cruciales est de savoir si ces actions seront financées et, si oui, comment. Plus particulièrement, le groupe des pays développés, historiquement plus riches, atteindra-t-il son objectif, fixé il y a six ans, de débloquer 100 milliards de dollars US par an jusqu'en 2020 pour aider les pays moins nantis à atténuer les effets du changement climatique et à s'y adapter ?

L'absence d'une définition du « financement de l'action climatique » reconvenue à l'échelle internationale constitue un obstacle majeur pour comprendre l'ampleur des besoins et cerner les facteurs susceptibles d'entraver les investissements. Dans ce chapitre, nous considérons que le financement de l'action climatique comprend tous les flux d'investissements primaires, publics et privés, qui ciblent spécifiquement le développement sobre en carbone et résilient

face au changement climatique. Cette définition rejoint celle utilisée par le groupe Climate Policy Initiative dans ses rapports *Global Landscape of Climate Finance* (Buchner *et al.*, 2011a).

1.1. Depuis sa création, l'objectif de 100 milliards de dollars a été à la fois un gage de bonne foi et un catalyseur de méfiance

Pour que Paris soit une réussite, les pays doivent trouver un moyen de traiter la « question des 100 milliards de dollars » en profondeur et avec transparence. Plus important encore, ils doivent parvenir à la dépasser. Ce n'est pas chose facile. Déjà, la formulation de l'accord initial était vague, ce qui a compliqué la mise en œuvre et le suivi des progrès. Par exemple, qu'est-ce que le financement de l'action climatique ? Quelles sources alternatives peuvent être qualifiées de « légitimes » ? Ensuite, outre les difficultés liées au suivi, la démonstration en toute transparence des progrès réalisés est désormais une exigence en soi qui, si elle n'est pas respectée, menace de freiner les avancées et de saper la confiance. Mais le défi de loin le plus important est de parvenir à voir au-delà de l'argent, des attentes et des clivages politiques qui ne contribuent qu'à détourner l'attention des résultats concrets exigés sur le terrain.

Si les difficultés sont considérables, il y a aussi plusieurs raisons pour être optimiste. De grands progrès ont été réalisés au cours des dernières années pour améliorer les systèmes de suivi et mieux comprendre comment fonctionne *le financement de l'action climatique – par opposition à la simple politique climatique*. Forts de cette connaissance, les États réunis à Paris ont toutes les cartes en main pour amorcer un changement systémique permettant de débloquer les 100 milliards de dollars, dont une part significative sera financée grâce aux fonds publics des pays développés. Les pays devront par ailleurs veiller à ce que cette enveloppe s'ajoute aux ressources publiques fournies aux pays en développement et les complète. Cette double enveloppe doit pouvoir attirer des milliers de milliards de capitaux privés en vue de soutenir la transition mondiale vers un avenir sobre en carbone et résilient face au changement climatique.

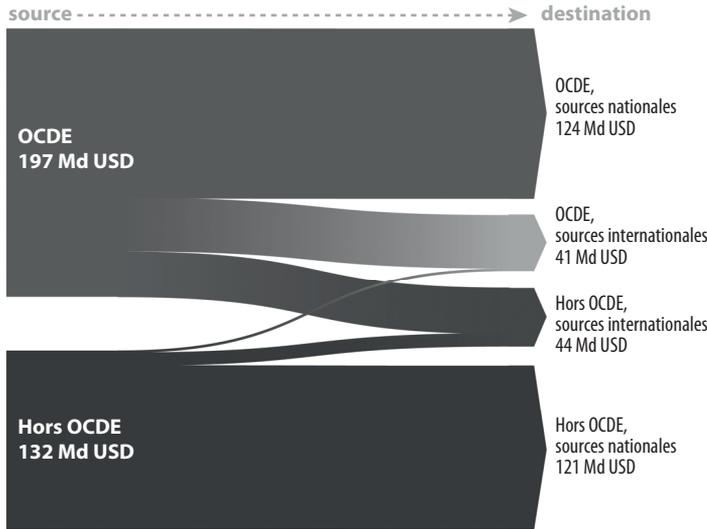
1.2. Le monde se rapproche de l'objectif des 100 milliards de dollars

L'objectif des 100 milliards de dollars US a été adopté au plus fort de la crise financière de 2008-2009. La reprise, à la fois dynamique, irrégulière et complexe, a créé un environnement difficile pour les décideurs en matière de politiques économique, financière et climatique. Après 2009, la plupart des économies ont basculé vers un rythme de croissance plus lent (UN WESP, 2015), ce qui a particulièrement affecté les budgets publics déjà fragiles. Malgré ce contexte défavorable, les flux de financement de l'action climatique se sont élevés à 331 milliards de dollars en 2013 (Buchner *et al.*, 2014)¹. Bien que les sommes inves-

1. Les auteurs des rapports *Global Landscape of Climate Finance* ne cessent de souligner que les estimations globales et l'objectif des 100 milliards de dollars US défini par la CCNUCC pour financer l'action climatique ne sont pas comparables. Pour de plus amples informations, se reporter à la « méthodologie » dans Buchner *et al.* (2014).

ties aient été partagées de façon presque égale entre pays développés et pays en développement, 34 milliards de dollars (soit environ 10 % du total) ont été transférés des pays développés vers les pays en développement.

Figure 33.1. Flux transfrontaliers du financement de l'action climatique



Source : Climate Policy Initiative 2014 (<http://climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2014/>)

Les fonds transférés aux pays en développement se décomposent comme suit : 22 milliards de dollars d'aide bilatérale au développement international, 11 milliards de dollars de dons et 10 milliards de dollars de prêts. En outre, entre 3 et 4 milliards de dollars US ont été versés aux conditions du marché par des institutions bilatérales de financement du développement (Buchner *et al.*, 2014). Les banques multilatérales de développement (BMD) ont fourni le reste des fonds publics. Quant au financement privé, il s'est élevé à environ 2 milliards de dollars².

1.3. Des besoins prévisionnels non satisfaits malgré des progrès notables

D'après les estimations de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), il faudra injecter dans le secteur de l'énergie un supplément annuel de 1 100 milliards de dollars entre 2011 et 2050 pour maintenir l'élévation de la température terrestre en deçà de 2 °C (AIE, 2014)³. La réorientation des ressources affectées aux

2. La base de données Bloomberg New Energy Finance (BNEF) considère des flux comme provenant d'un pays développé s'ils ont pour origine une entreprise ou une entité dont le siège se situe dans un pays de l'OCDE. Il s'agit d'une estimation très prudente, qui ne tient pas compte des investissements directs étrangers afin d'éviter une double comptabilisation.

3. Voir le chapitre 32 de ce volume par E. Massetti : *Aspects macroéconomiques de la politique climatique : investissements et flux financiers.*

activités traditionnelles fondées sur les combustibles fossiles vers des activités sobres en carbone constitue la principale difficulté. En effet, les investissements à long terme dans les industries fortement consommatrices d'énergie fossile, encore largement subventionnés par les gouvernements (AIE, 2014), restent de loin supérieurs aux investissements consacrés à l'énergie propre et à la résilience face au changement climatique⁴.

La bonne nouvelle, c'est que des fonds sont disponibles et que les tendances actuelles laissent entrevoir un déblocage des milliards de dollars d'investissement supplémentaires nécessaires pour réduire la consommation de carbone et renforcer la résilience face au changement climatique. D'après les estimations de la New Climate Economy (NCE), 89 000 milliards de dollars seront investis dans les infrastructures d'ici 2030, sans tenir compte de l'action climatique (NCE, 2014)⁵. Parallèlement, certaines énergies renouvelables ont vu leur coût baisser de façon significative, ce qui les a rendues compétitives vis-à-vis des énergies polluantes⁶ (Buchner *et al.*, 2014). Les promoteurs et les foyers acquièrent davantage d'équipements, à moindre coût. De plus, le prix du pétrole a chuté considérablement en 2014, offrant ainsi aux gouvernements une possibilité unique de rétablir une situation plus équilibrée dans le secteur du carbone en supprimant les subventions et en tarifiant le charbon sans grandes répercussions sur les consommateurs.

2. Propositions concrètes pour améliorer le financement

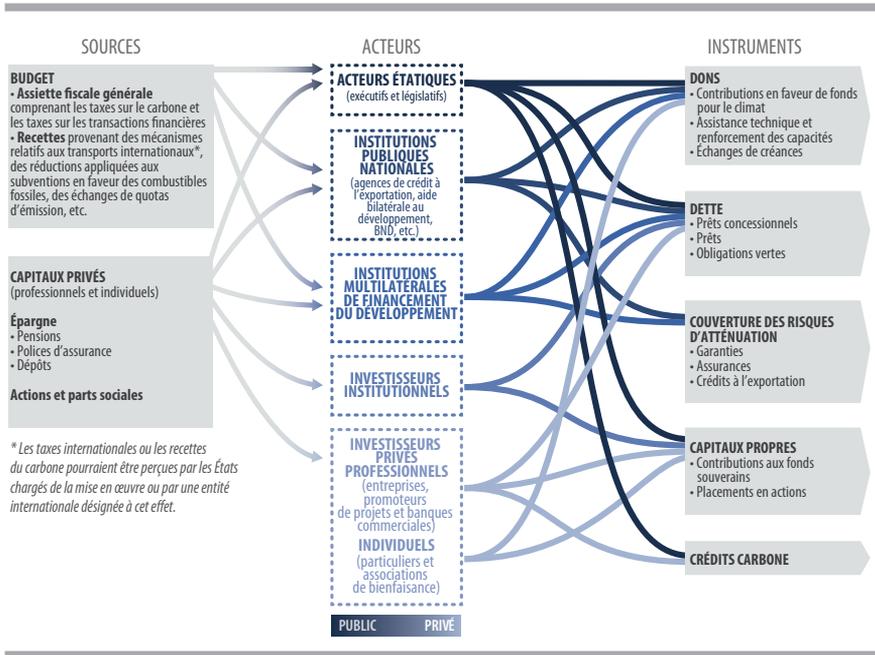
Des analyses approfondies ont amélioré notre compréhension des sources, des acteurs et des instruments au service du financement de l'action climatique (CPI et Cicero, 2015). Nous savons désormais que le système mondial de financement de l'action climatique forme un ensemble complexe de relations et de transactions (voir figure 33.2.), sous l'influence des fonds publics, des politiques et des mesures d'incitation d'une part et de la nécessité d'équilibrer les risques et les résultats d'autre part.

4. Par exemple, 950 millions de dollars ont été investis dans l'extraction, le transport et le raffinage du charbon, du pétrole et du gaz ainsi que dans les centrales électriques à combustibles fossiles. En 2013, les gouvernements ont versé 550 milliards de dollars de subventions en faveur de la consommation de combustibles fossiles, contre seulement 121 milliards de dollars en faveur des énergies renouvelables (AIE, 2014).

5. Voir le chapitre 32 de ce volume par E. Massetti : *Aspects macroéconomiques de la politique climatique : investissements et flux financiers*. Sur la base des études considérées, la moyenne annuelle des investissements dans la production d'énergie à partir de combustibles fossiles serait de 182 milliards de dollars sur la période 2010-2029 et de 287 milliards de dollars sur la période 2030-2049, soit environ 50 % de l'ensemble des investissements dans la production d'électricité sur la période 2010-2049.

6. Voir le chapitre 23 de ce volume par V. Bossetti : *Rôle des énergies renouvelables dans la décarbonisation*.

Figure 33.2. Le système de financement de l'action climatique



Source: CPI et Cicero, 2015.

Nous possédons désormais un panorama du financement de l'action climatique plus complet que celui qui existait en 2009, lors de l'adoption de l'objectif des 100 milliards de dollars. Nous avons donc une meilleure idée de l'état des financements internationaux et du degré de réalisation des objectifs de température, mais surtout, nous sommes plus à même de cibler les mesures qui répondent le mieux aux différents besoins et de veiller à l'optimisation des ressources (CPI et Cicero, 2015). Par exemple, le secteur public devrait en général financer les biens et services publics, ainsi que les risques que le secteur privé ne veut ou ne peut pas assumer. L'amélioration continue de la compréhension du financement de l'action climatique devrait permettre en fin de compte une utilisation plus sage des fonds et une réorientation efficace des ressources financières vers des modes d'exploitation sobres en carbone.

2.1. Créer un environnement propice au niveau national

En 2013, 74 % des fonds affectés à l'action climatique étaient dépensés dans leur pays ou région d'origine. Ce pourcentage atteint 90 % pour les investissements privés, ce qui montre que les investisseurs préfèrent les environnements réglementaires qui leur sont familiers, et qui leur procurent donc des avantages et les rassurent quant aux résultats.

Les budgets publics nationaux, étoffés au besoin par des ressources internationales, peuvent financer la création d'institutions et le renforcement de leurs capacités, ainsi que l'assistance technique, les coûts supplémentaires, les

dons affectés à des projets spécifiques et les prêts. Les prises de participations directes et l'attribution de tranches de crédit par les autorités publiques contribuent à renforcer la confiance, à accélérer le bouclage financier des projets et à favoriser des prises de risque plus audacieuses dans le cas des financements mezzanine. Le gouvernement peut aussi devenir actionnaire d'entreprises, notamment celles qui fournissent des biens et des services stratégiques tels que l'électricité et l'eau et qui sont, ou étaient, des monopoles d'État (Buchner *et al.*, 2013). Dans les pays développés comme dans les pays en développement, les autorités recourent à l'actionnariat actif et passif. En 2012, 84 % des investissements chinois en faveur de l'action climatique comprenaient une composante d'actionnariat public; cette part est également élevée aux États-Unis (68 %) et en Allemagne (54 %) (Buchner *et al.*, 2013 et 2014).

Exemples de politiques qui permettent d'équilibrer la situation entre les acteurs concernés par le carbone :

- l'établissement de normes réglementaires, notamment en matière d'émissions et de performance, de technologie et de production, qui augmentent le coût des émissions de carbone en pénalisant les acteurs qui ne les respectent pas et qui comprennent des mesures incitatives en faveur de solutions sobres en carbone;
- la création de tarifs de rachat, ou autres politiques de soutien, et des normes de portefeuilles d'énergies renouvelables (*renewable portfolio standards*) qui améliorent la diffusion et facilitent le financement des coûts supplémentaires (GIEC, 2014a, b);
- l'adoption de politiques visant à soutenir la recherche et développement dans le domaine technologique, qui peuvent compléter les mesures d'adaptation et d'atténuation, voire réduire les coûts si elles sont mises en œuvre efficacement;
- l'application de politiques en faveur des technologies, telles que le financement public des activités de recherche, de développement et de déploiement, complétées par un soutien financier pour l'adoption des technologies, qui peuvent faciliter la « traversée du désert » entre la conception à petite échelle des prototypes et une commercialisation réussie (AIE, 2014; GIEC, 2014a, b; FS-UNEP-BNEF, 2015).

2.2. Soutenir les institutions financières publiques dans leur rôle d'acteurs du changement

Les institutions de financement du développement (IFD) (telles que les banques de développement multilatérales et nationales), les agences bilatérales de développement et peut-être même les nouvelles institutions comme le Fonds vert pour le climat mettent en commun des expériences et des dispositifs qui permettent de financer des biens et des services dans lesquels le secteur privé ne veut ou ne peut s'engager.

Les agences bilatérales jouent un rôle considérable dans le soutien aux activités d'adaptation (près de 50 % de l'ensemble de leurs contributions en

2013 consistait en dons ciblant l'adaptation ; Buchner *et al.*, 2014). Les IFD bilatérales et les banques multilatérales de développement (BMD) peuvent lever des fonds sur les marchés de capitaux en complément des subventions gouvernementales, mais aussi, et c'est capital, attirer des investisseurs privés en leur fournissant une couverture des risques, des prêts concessionnels ou non et une assistance technique, ou encore proposer aux fonds pour le climat de gérer et de mettre en œuvre leurs projets. Le Fonds vert pour le climat, créé récemment, pourrait jouer un rôle facilitateur en veillant à ce que les besoins des pays vulnérables soient satisfaits (particulièrement là où les institutions nationales de développement de type bancaire n'existent pas), en aidant à réorienter les mesures incitatives et en trouvant de nouveaux moyens d'atténuer les risques liés au changement climatique.

En tant que responsables de missions publiques de développement, les banques nationales de développement (BND) jouent elles aussi un rôle de plus en plus important dans le développement d'une économie sobre en carbone. Elles sont en mesure de placer le climat au cœur des différentes politiques nationales (dont les infrastructures, le développement rural et l'urbanisme) et peuvent à ce titre réduire le sentiment d'arbitrages injustes, renforcer la complémentarité et accroître les bénéfices communs, de façon à faciliter la mobilisation des fonds publics (OCDE, 2009 ; GIEC, 2014a, b). Dans les marchés moins matures notamment, caractérisés par des niveaux prohibitifs de coût et de risque, les BND peuvent aussi, en mobilisant des fonds publics plus abordables, réduire considérablement les coûts de financement et rendre possible l'investissement (NCE, 2014). En 2012, les BND ont apporté 70 milliards de dollars, beaucoup d'entre elles servent également d'intermédiaire dans le cadre du financement multilatéral ou bilatéral du développement (Buchner *et al.*, 2013).

2.3. Les autres sources de financement sont parfois difficilement accessibles

Les autres sources de financement déjà identifiées (consulter par exemple AGF, 2010) ont connu un succès mitigé depuis 2009, particulièrement pour ce qui est de l'objectif des 100 milliards de dollars :

- Certains pays et régions développés et en développement ont mis en place *une tarification du carbone par l'intermédiaire des marchés du carbone et des taxes carbone* (CPI et Cicero). La valeur globale des systèmes d'échange de droits d'émission (ETS) au 1^{er} avril 2015 était d'environ 34 milliards de dollars, tandis que les taxes carbone sont estimées actuellement à 14 milliards de dollars⁷. La valeur totale du marché du carbone devrait atteindre 70 milliards d'euros en 2015 (*Business Green*, 2015)⁸. Néanmoins, pour ce

7. Voir le chapitre 19 de ce volume par X. Wang et M. Murisic : *Taxation du carbone : situation actuelle et perspectives*.

8. En tant qu'opérations secondaires, la valeur des marchés du carbone n'est pas prise en compte dans les exercices de suivi comme *Global Landscape of Climate Finance* du CPI.

qui est des 100 milliards de dollars, les marchés du carbone ont doublement échoué : premièrement, ils ne sont pas encore parvenus à un prix unique qui soit suffisant pour répondre aux besoins des pays en développement ; deuxièmement, même lorsqu'ils génèrent des fonds, leurs produits sont rarement transférés aux pays en développement. L'affectation des recettes tirées d'un système d'enchères a été mise en place dans certains contextes nationaux au sein du système d'échange européen, mais ces pratiques restent rares au niveau mondial.

- *Les transports internationaux* ont été envisagés comme une source intéressante de financement de l'action climatique, car ils ne sont actuellement pas soumis à des mesures de réduction des émissions et échappent au système de comptabilisation des émissions de chaque territoire national. En prenant comme référence un prix du carbone de l'ordre de 20 à 25 dollars/tCO₂, l'AGF a estimé qu'au vu du chiffre d'affaires, ils pouvaient contribuer au financement de l'action climatique à hauteur de 10 milliards de dollars par an d'ici 2020 (AGF, 2010). Le principal obstacle à la mise en œuvre de cette tarification est l'obtention d'un accord international.
- Le renflouement au moyen de fonds publics de nombreuses institutions bancaires privées après la crise financière de 2008 a peut-être suscité l'intérêt pour une taxe sur les transactions financières internationales. Mais il est fort probable que ce genre d'instrument ne sera pas mis en place à l'échelle mondiale en raison des inquiétudes liées aux distorsions de la concurrence et des positions nationales solidement ancrées.
- Depuis sa création en 2008, le marché des « *obligations vertes* » s'est développé pour atteindre un total de 64 milliards de dollars⁹ en mai 2015. La moitié de cette somme a été émise en 2014 seulement, ce qui montre la forte accélération qu'a connue ce marché en relativement peu de temps. Les obligations en soi ne sont que de simples titres « hypothéqués », autrement dit les revenus perçus sont réinjectés dans des programmes écologiques et la valeur de l'obligation est égale à la valeur de ces actifs « verts ». Toutefois, cela ne signifie pas que les obligations soient garanties par ces actifs verts. Elles sont adossées au bilan comptable de l'émetteur, dont elles épousent le profil de risque. Les investisseurs intéressés par les activités « vertes » peuvent ainsi acheter ces titres obligataires sans toutefois s'exposer à des risques de crédit supplémentaires. En tout, 98 % des obligations vertes proviennent d'institutions des pays développés, plus particulièrement le Royaume-Uni, les États-Unis et l'Europe. Les investisseurs sont des *investisseurs institutionnels*, tels que des fonds de pension et des compagnies d'assurance qui ont l'habitude de réserver une partie de leur portefeuille à des obligations de bonne qualité émises par ces emprunteurs. L'augmentation du volume des obligations vertes, particulièrement de celles d'émetteurs souverains dans les pays en développement, y compris les grandes économies émergentes, pourrait ouvrir les portes au financement transfrontalier de l'action climatique.

9. Sources : analyses du CPI ; données Bloomberg (consultées le 29 avril 2015).

Un examen des sources de financement « alternatives » prouve qu'il est souvent indispensable que la tarification du carbone s'accompagne d'actions complémentaires de l'État (par exemple, affecter ou hypothéquer des fonds publics) destinées à financer l'action climatique, et que ces actions nécessitent souvent des accords multilatéraux pour être mises en œuvre. Qui plus est, un grand nombre de ces sources peuvent brouiller les frontières entre l'action publique et privée, soit parce que la source n'est pas clairement identifiable, soit parce que les investisseurs publics adoptent parfois des positions quasi commerciales, au même titre que les actionnaires, les assureurs et les investisseurs institutionnels. Enfin, il apparaît clairement que les sources « alternatives » nécessitant un accord international ont moins de chance de réussir dans l'immédiat, tandis que celles prévoyant l'intervention de l'État dans l'affectation des recettes et des fonds peuvent se heurter à une forte opposition politique locale.

Conclusion

Si nous voulons mettre la finance au service d'un avenir sobre en carbone et résilient face au changement climatique, il nous faut harmoniser les politiques, les tarifications et les instruments financiers à travers le monde, en nous appuyant sur une coordination efficace et sur la détermination des gouvernements. Cela dit, les coûts de cette transformation pourraient bien être inférieurs à ceux envisagés, grâce aux économies d'échelle, à l'amélioration des connaissances et à l'interconnexion des marchés à l'échelle internationale, autant de facteurs propices à l'investissement. Si les pays font les bons choix, le groupe New Climate Economy estime que la dépense nécessaire pour adapter les infrastructures au changement climatique s'élèverait à seulement 4 100 milliards de dollars supplémentaires, soit 5 % des investissements prévisionnels, qui pourraient être compensés par des charges d'exploitation inférieures (NCE, 2014).

Les négociations en cours pourraient jouer un rôle décisif dans la préparation d'un avenir sobre en carbone et résilient face au changement climatique. Plus important encore, la CCNUCC pourrait donner le coup de pouce permettant au financement de l'action climatique de s'orienter vers un objectif tenant compte des progrès réalisés et ciblant les progrès à venir dans l'économie réelle. Pour favoriser l'innovation et lancer des projets, les pays doivent élaborer des plans de développement financés au niveau national et dans lesquels le climat fait partie intégrante des priorités. Il en va ainsi pour tous les pays, surtout les pays en développement où la demande énergétique s'accroît et où les besoins d'infrastructures sont exacerbés. La coordination des actions menées par les différents acteurs publics dans les pays développés et en développement peut aider à systématiser les dispositifs destinés à réduire les risques et combler les écarts financiers et techniques, et permettre ainsi une mobilisation plus efficace des fonds en faveur de l'action climatique. D'autres évolutions seraient notamment les bienvenues :

- *Un langage commun.* La CCNUCC pourrait contribuer à la création d'un terrain d'entente pour les définitions relatives au financement de l'action climatique, de façon à réconcilier climat et développement en plaçant l'action climatique au centre des préoccupations et en donnant au développement une dimension mondiale.
- *Le paysage du financement de l'action climatique.* En reconnaissant la diversité des acteurs, des sources et des instruments ainsi que la complexité des interactions (voir figure 33.1.) – dont les flux de capitaux Sud-Sud et le rôle de la finance privée locale dans les pays en développement, par exemple –, la COP21 peut ouvrir les yeux des participants sur d'autres moyens d'accroître le financement de l'action climatique, admettant par là même qu'il existe plusieurs approches pour atteindre l'objectif des 100 milliards de dollars (voire plus). Dans ce contexte, les enseignements tirés de la mise en œuvre de solutions concrètes pourraient servir à accélérer les investissements en faveur du climat qui répondent aux besoins des pays et optimisent leurs ressources.
- *La transparence du financement de l'action climatique.* Une des conditions nécessaires au renforcement de la confiance entre les parties et à la réussite d'un accord ambitieux est d'exiger plus de transparence des pays développés qui se sont engagés à débloquer 100 milliards de dollars par an jusqu'en 2020, à partir de sources diverses, en vue de soutenir les mesures d'adaptation et d'atténuation dans les pays en développement. À cette fin, la CCNUCC pourrait souligner les progrès réalisés à ce jour par les différents acteurs pour mieux comprendre l'état actuel du financement de l'action climatique et dégager les possibilités d'atteindre cette somme. Elle pourrait également convenir d'un programme de travail, en dehors du cadre de la CCNUCC, permettant de clarifier davantage les choses à l'avenir.
- *Un objectif ambitieux pour le financement de l'action climatique.* Il devrait être possible d'admettre sans ambages que l'objectif des 100 milliards de dollars n'est pas une fin en soi, mais plutôt un point de départ destiné à débloquer les investissements nationaux dans les pays en développement, car les solutions apparaissent principalement à l'échelle nationale, même si elles bénéficient d'un soutien international. En choisissant un objectif ambitieux, qui ne soit pas simplement chiffré, la CCNUCC pourrait redonner la priorité aux effets et aux résultats sur le terrain, et favoriser ainsi un développement sobre en carbone et résilient face au changement climatique.

Les négociations relatives au financement de l'action climatique dans le cadre de la CCNUCC, en s'éloignant des préoccupations purement politiques pour s'orienter vers l'économie réelle, pourraient transformer dans un avenir proche les milliards de dollars en milliers de milliards, comblant ainsi l'écart entre les financements fournis et les financements requis. Il ne sera possible d'y parvenir qu'à la condition primordiale de renforcer la confiance entre les parties quant à l'objectif ultime et d'établir une feuille de route détaillée jusqu'en 2020 et au-delà.

Références

- AGF, 2010, « Report of the Secretary-General's High-Level Advisory Group on Climate Change Financing », New York, États-Unis, Nations Unies (disponible en anglais à l'adresse : http://www.un.org/wcm/webdav/site/climatechange/shared/Documents/AGF_reports/AGF_Final_Report.pdf).
- Agence internationale de l'énergie (AIE), 2014, *IEA World Energy Investment Outlook*, Paris (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weio2014.pdf>).
- BUCHNER B., FALCONER A., HERVÉ-MIGNUCCI M., TRABACCHI C. et BRINKMAN M., 2011, *The Landscape of Climate Finance*, Venise, CPI (disponible en anglais à l'adresse : <http://climatepolicyinitiative.org/publication/the-landscape-of-climate-finance/>).
- BUCHNER B., HERVÉ-MIGNUCCI M., TRABACCHI C., WILKINSON J., STADELMANN M. *et al.*, 2013, *Global Landscape of Climate Finance 2013*, Venise, CPI (disponible en anglais à l'adresse : <http://climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2013/>).
- BUCHNER B., STADELMANN M., WILKINSON J., MAZZA F., ROSENBERG A. et ABRAMSKIEHN D., 2014, *Global Landscape of Climate Finance*, Venise, CPI (disponible en anglais à l'adresse : <http://climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2014/>).
- Business Green, 2015, « Global Carbon Market Value to Hit €70bn This Year », 6 janvier (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.businessgreen.com/bg/analysis/2388683/global-carbon-market-value-to-hit-eur70bn-this-year>).
- CPI et Cicero, 2015, « Background Report on Long-term Climate Finance », préparé en vue de la présidence allemande du G7.
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, 2015, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2015*, Francfort.
- GIEC, 2014a, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- GIEC, 2014b, « Résumé à l'intention des décideurs » in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects* (voir les références complètes du rapport dans l'introduction de cet ouvrage).
- Nations Unies, 2015, *World Economic Situation and Prospects 2015*, New York, États-Unis.
- New Climate Economy (NCE), 2014, *Better Growth, Better Climate*, Washington DC, Commission mondiale sur l'économie et le climat (disponible en anglais à l'adresse : <http://newclimateeconomy.report/>).
- OCDE, 2009, *Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation: Policy Guidance*, Paris.

Chapitre 34

Les « esprits animaux » de la finance au service d'une société décarbonée ?

Jean-Charles Hourcade

Le changement climatique réclame une action urgente mais il en va de même pour l'éradication de la pauvreté et le développement durable. Ces trois défis sont intrinsèquement liés : les pays en développement n'apporteront pas leur concours aux politiques climatiques si celles-ci vont à l'encontre de leurs efforts pour sortir de la pauvreté, et le changement climatique est susceptible de créer des tensions interdisant toute forme durable de développement. C'est la raison pour laquelle nous devons résister à la tentation d'attendre la fin des turbulences économiques actuelles pour mettre en œuvre des mesures de lutte contre le changement climatique significatives. La finance, la principale contrainte héritée de la crise de 2008, doit impérativement faire partie intégrante de la solution. Ce chapitre expose de quelle façon y parvenir.

Il y a peu de temps encore, la finance n'occupait qu'une place secondaire dans les négociations sur le climat, un véritable paradoxe quand on songe à l'influence qu'elle exerce sur nos économies. La seule exception a été la proposition du Brésil, en 1997, de créer un fonds chargé de veiller au respect du principe de « responsabilité commune mais différenciée » (CCNUCC, 1997). Cette proposition trahissait les doutes des pays ne figurant pas à l'Annexe I quant au bon vouloir des pays y figurant d'effectuer les transferts de fonds¹ nécessaires pour compenser les effets négatifs de prix élevés du carbone sur leurs économies². La COP16 de Copenhague (2009) a marqué un tournant décisif en instaurant un Fonds vert pour le climat, mais dans un contexte où les pressions exercées sur les budgets publics et la fragilité de la reprise économique dans les pays de l'OCDE avaient exacerbé la « lassitude des donateurs ». Les débats autour du Fonds vert pour le climat risquent de constituer une pomme de discorde entre le « Nord » et le « Sud » tout en passant à côté de l'objectif prioritaire, qui est la réorientation dans le monde entier des flux

.....

1. Le désir de limiter ces transferts a constitué une des raisons de l'adoption de la résolution Byrd-Hagel en 1997 par le Sénat des États-Unis (voir <http://www.nationalcenter.org/KyotoSenate.html>) et de la demande faite par l'UE de plafonner les importations de quotas d'émission au moyen de systèmes de permis d'émission négociables (voir Hourcade et Gherzi, 2002).

2. Ces effets sont particulièrement marqués dans les pays qui sont encore en phase de développement et qui ont besoin de matériaux énergivores pour construire les infrastructures de base (Luderer *et al.*, 2012).

d'investissement en faveur de la transition énergétique, à une échelle bien plus grande que ne pourraient le faire les finances publiques³.

La première section de ce chapitre explique pourquoi, pour surmonter ces inconvénients, notre « carte mentale » doit intégrer le profil temporel des investissements nécessaires à la transition bas-carbone et inclure la finance dans l'ensemble des outils d'incitation à mobiliser. La deuxième section propose de réformer le système actuel d'intermédiation financière en créant des actifs carbone valorisés au prix notionnel des activités d'atténuation. La troisième section montre comment ces réformes peuvent contribuer à tirer l'économie mondiale hors du marasme actuel et à gagner le soutien des décideurs « climato-agnostiques » chargés des politiques économiques et polarisés sur les difficultés immédiates que sont le chômage et la dette.

1. Finance et tarification du carbone

Le protocole de Kyoto fut l'aboutissement d'une succession de *faits accomplis* diplomatiques (Bodansky, 2001) donnant lieu à de multiples interprétations. L'interprétation la plus couramment acceptée se fondait sur une carte mentale selon laquelle un marché mondial du carbone permettrait de confronter *les courbes des coûts d'usines de production d'abattements de CO₂ et de sélectionner les techniques* dont les coûts sont inférieurs à un même prix du carbone imposé à tous.

Les difficultés liées à l'établissement à l'échelle mondiale d'un système de permis d'émission négociables a alimenté une littérature abondante sur les écarts entre les coûts techniques, les variations de PIB et l'évolution du bien-être⁴. Bien moins d'attention a été apportée au fait que, dans les modèles montrant la supériorité de cet outil, les technologies sont supposées être choisie en fonction de leur « valeur actualisée » pour un taux d'actualisation donné. Or ceci repose sur un critère qui ne donne aucune considération à l'horizon temporel des comptes d'exploitation des projets. Cela revient à prendre pour hypothèse un accès illimité au financement, ce qui paraît peu réaliste.

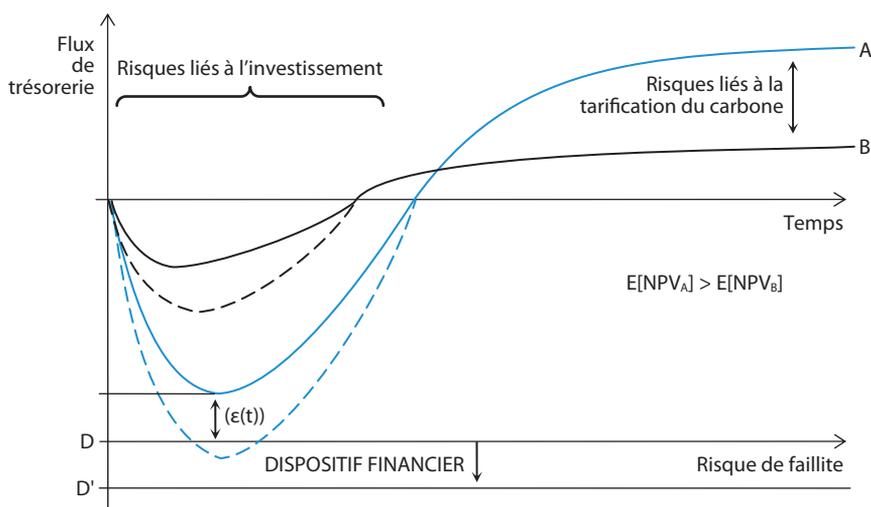
La figure 34.1. représente l'horizon temporel des comptes d'exploitation prévisionnels de deux projets économiseurs de carbone. Le projet A, caractérisé par une technologie très intensive en capital, a une espérance mathématique de sa valeur actualisée (le montant total des économies de combustibles fossiles diminué des dépenses d'immobilisation et des charges d'exploitation)

3. Le montant mondial des investissements dans les infrastructures nécessaires entre aujourd'hui et 2030 est estimé à 89 000 milliards de dollars, voire à 93 000 milliards si les actions de lutte contre le changement climatique nécessaires sont mises en œuvre (New Climate Economy, 2014). En dernière instance, la principale difficulté est celle d'une « réorientation » des investissements plus que celle d'investissements accrus.

4. Ces écarts proviennent de la propagation dans les économies de prix énergétiques plus élevés que prévu, des incertitudes relatives à l'efficacité des transferts compensatoires, des marchés incomplets et fragmentés (énergie, emploi, immobilier) et des systèmes fiscaux préexistants.

plus élevée que le projet B, mais pourrait ne pas être choisi en raison de ses coûts initiaux supérieurs. Durant la phase d'incubation du projet, une mauvaise surprise concernant ces coûts (représentée par les lignes en pointillés) pourrait en effet se traduire par un déficit des comptes d'exploitation franchissant un « plancher d'alerte » (la ligne D), à savoir le niveau de déficit que le décisionnaire ne souhaite pas franchir. Ces mauvaises surprises peuvent avoir pour origine une gestion défaillante des projets, l'augmentation du coût de certains équipements ou encore la découverte de difficultés techniques liées à des technologies récentes.

Figure 34.1. Risques d'investissement : finance et tarification du carbone



Il s'agit d'une situation typique des ménages qui veulent un retour sur investissement très rapide de leurs investissements en économie d'énergie. C'est aussi le cas des entreprises avec un accès limité au financement (autofinancement, endettement ou augmentation du capital). En l'absence de prêteur bienveillant possédant des capacités illimitées de financement, le poids du service de la dette ampute leurs excédents d'exploitation et met en péril le paiement des dividendes aux actionnaires si leur banque perd confiance. Finalement, l'entreprise peut voir sa valeur se détériorer et courir le risque d'un dépôt de bilan ou d'une OPA hostile.

Mettre un prix au carbone améliore l'efficacité relative des projets bas-carbone au cours de la phase d'exécution, mais uniquement pour les projets qui ne risquent pas de toucher le plancher d'alerte. D'aucun affirmeront que des prix du carbone suffisamment élevés pourraient encourager les décideurs à prendre des risques. Mais il faudrait que ces prix soient très élevés, parce que s'approcher du plancher d'alerte et le dépasser engendre des coûts ($\epsilon(t)$) dans la

figure 34.1.) non linéaires et parce qu'il faut aussi couvrir le « bruit » causé par d'autres signaux (prix de l'immobilier, prix du pétrole et taux de change). Des dispositifs financiers sont donc nécessaires pour déplacer le plancher d'alerte (de D à D') de façon à réduire les risques liés au dépassement de l'investissement initial et à accroître les effets de la tarification du carbone.

L'existence de ce plancher d'alerte ne fait pas qu'entraver les projets bas-carbone. Elle est symptomatique d'un régime de gestion des entreprises où domine la valeur instantanée de marché de l'action (*shareholder business regime*) (Roe, 1994)⁵. Dans ce régime, les dirigeants n'ont pas toute latitude pour utiliser les bénéfices nets de leur entreprise en vue de maximiser sa croissance à long terme. Les investisseurs se trouvent alors confrontés au dilemme de l'« âne de Buridan »⁶. Ils ne savent pas comment orienter leurs investissements à long terme et ils ne sont pas aidés par un système d'intermédiation financière qui peine à financer des investissements productifs. Les épargnants individuels hésitent alors à investir dans l'industrie et lui préfèrent des actifs spéculatifs ou liquides. Il est désormais admis que cette interaction entre ce contexte et l'aggravation des incertitudes (Lewis, 2014) joue un rôle majeur dans l'écart entre la croissance réelle de la croissance potentielle et l'excès chronique de l'épargne sur l'investissement (Blanchard, 2015). La question qui se pose est de savoir si des dispositifs financiers soutenant les investissements bas-carbone peuvent réduire cet écart.

2. Vers la création de *climate remediation assets* (CRA, actifs protecteurs du climat)⁷

Afin d'examiner le type de mécanisme nécessaire pour réorienter les investissements, il est utile de se rappeler les liens historiques existant entre la finance et les grandes révolutions technologiques. Au 19^e siècle, le déploiement du réseau ferroviaire a été possible grâce à différentes formes (propres à chaque pays) de garanties publiques sur les investissements et à la création d'actifs sur les terres bordant les voies ferrées. La combinaison de ces deux facteurs a donné aux investisseurs l'assurance qu'ils pourraient récupérer des actifs de valeur si l'exploitation des rails entre deux villes ne dégagait pas suffisamment de recettes (Fogel, 1964; Landes, 1969). L'équivalent d'un tel dispositif pour la transition vers une société décarbonée serait de demander aux États de fournir *un nouvel actif assorti d'une garantie publique qui permettrait à la banque*

5. Pour de plus amples détails relatifs aux implications sur la croissance de la « valorisation actionnariale » et du « régime de valorisation managériale », consulter Hallegatte *et al.*, 2008.

6. Cette légende est une parodie de Buridan, un théologien de la Sorbonne, qui conseillait de ne rien entreprendre avant d'avoir reçu toutes les informations nécessaires sur le contexte. Elle met en scène un âne qui meurt de faim et de soif pour avoir hésité trop longtemps entre son picotin d'avoine et son seau d'eau.

7. La raison d'être de ce dispositif est exposée dans Hourcade *et al.* (2012). Une version adaptée au contexte européen est présentée dans Aglietta *et al.* (2015).

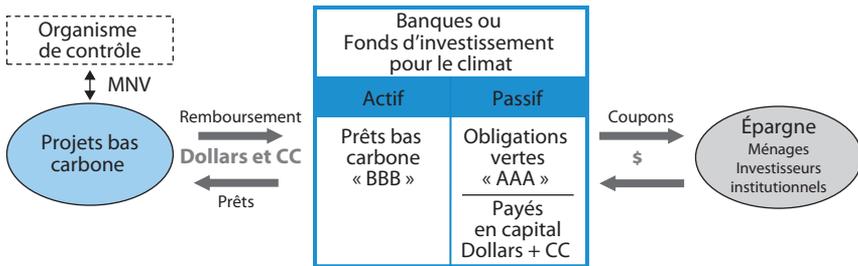
centrale de débloquer de nouvelles lignes de crédit remboursables en certificats de réduction d'émissions de CO₂. En réduisant les risques financiers, ces facilités de crédit autoriseraient des prêts plus importants en faveur d'investissements bas-carbone. Elles pourraient être mises en place en quatre étapes.

- (i) *La communauté internationale reconnaît que les activités protectrices du climat génèrent « quelque chose de valeur ».* Cette valeur (VCRA = value of climate remediation assets) peut être exprimée par un prix notionnel de la tonne de CO₂ non émise et qui serait intégrée dans l'évaluation des nouveaux investissements. Ce prix engloberait les coûts du respect de l'objectif +2°C défalqué des co-bénéfices des activités d'atténuation (réduction de la pollution de l'air, réaffectation des recettes issues de la tarification du carbone, sécurité énergétique). Les controverses soulevées par le coût social du carbone (CSC) ont jeté le doute sur la possibilité de trouver un accord sur cette valeur. Mais il existe trois différences entre le concept de CSC et celui de VCRA. Premièrement, la VCRA ne servirait pas à mettre en balance les dégâts du changement climatique et les coûts d'atténuation; elle serait évaluée pour une cible donnée, ce qui relativise les débats autour du taux d'actualisation. Deuxièmement, des pays pourraient accepter une même VCRA pour des raisons différentes reflétant leurs perceptions des avantages associés à l'atténuation du changement climatique, dans la fourchette de prix déterminée par le GIEC (de 55 à 140 dollars US par tonne de CO₂ en 2030 pour un scénario à 450 ppm) (Clarke *et al.*, 2015). Troisièmement, contrairement à un prix réel du carbone, une VCRA ne frapperait pas le stock de capital, aurait un effet redistributif direct atténué et serait donc moins susceptible d'être bloquée par une coalition d'intérêts personnels.
- (ii) *Les États s'engagent volontairement à garantir une quantité prédéterminée de certificats carbone (CC) pour une valeur donnée de la VCRA.* Ces CC permettraient de réduire le plancher d'alerte qui limite les projets bas-carbone. Par exemple un prêt de 100 dollars serait remboursé pour 50 dollars en liquide et pour 50 dollars en CC. Il faut pour ce faire un système efficace de mesure, notification et vérification (MNV), sur le modèle des considérations formulées par Wiener⁸, ainsi qu'un suivi assuré par un organisme indépendant, sous l'autorité de la CCNUCC, qui fixerait les règles d'attribution des CC par type de projet dans chaque pays.
- (iii) *Bénéficiaire de la garantie des États, les CC sont acceptés par les intermédiaires financiers comme remboursement partiel des prêts bas-carbone.* Ils peuvent être soit convertis en CRA dans le cadre des programmes de *quantitative easing* des banques centrales, soit utilisés comme garantie pour que les banques centrales refinancent ces prêts bas-carbone à hauteur de leur valeur en carbone. Finalement, une fois les réductions réelles d'émissions de carbone vérifiées, les CC seraient convertis en des CRA figurant au bilan comptable de la banque centrale (cf. encadré 34.1).

8. Voir le chapitre 13 de ce volume par J. Wiener: *Pour un système efficace de mesure, notification et vérification.*

(iv) Les banques ou des fonds-climat spécialisés utilisent ces facilités monétaires basées sur le carbone pour garantir des produits financiers dédiés au climat et bénéficiant d'une note élevée, tels que les obligations vertes « AAA », pour attirer l'épargne à long terme. Cela pourrait être réalisé en convertissant des portefeuilles de projets BBB en obligations vertes AAA via la garantie publique sur les CC et les différentes méthodes de « pooling ». S'ils ont confiance dans la valeur déclarée des CRA, les investisseurs institutionnels pourraient s'intéresser, pour des raisons à la fois éthiques et réglementaires, à des obligations sûres plutôt qu'à des produits financiers spéculatifs. Ce mécanisme (représenté dans la figure 34.2.) est essentiel pour réorienter l'épargne privée, sans laquelle la transition énergétique ne pourra pas initier le cycle économique vertueux exposé dans la section suivante. Un aspect important de l'économie politique des négociations sur le climat est qu'une partie des CC pourrait être employée pour donner plus d'envergure au Fonds Vert pour le Climat de façon à renforcer la coopération multilatérale et à éviter que les mesures d'atténuation nationales (NAMA) soient uniquement financées par une assistance étrangère bilatérale au risque que cette assistance ne soit qu'un simple « verdissement » de l'aide.

Figure 34.2. Les certificats carbone et la réorientation de l'épargne à long terme en faveur des investissements bas-carbone



Ce mécanisme revient à émettre une monnaie adossée à une garantie publique et fondée, comme dans le cas du réseau ferroviaire aux États-Unis, sur la valeur réelle des infrastructures bas-carbone. Il reposerait sur deux grands piliers, s'ajoutant au processus de MNV.

Le premier pilier est la valeur des CRA, valeur absente d'une littérature qui s'est focalisée sur les circuits financiers et l'évolution des règles prudentielles du système. La VCRA joue un rôle primordial pour quatre raisons. Premièrement, puisqu'elle exerce un effet similaire à celui du prix du carbone, une VCRA fournit une couverture contre la fragmentation et le caractère arbitraire des innovations financières aidant à la décarbonisation. Elle peut constituer un levier pour la généralisation d'outils de financement de l'action

climatique⁹. Deuxièmement, elle aide à garantir la cohérence économique des contributions nationales volontaires des INDC puisque les prêts intégreront la même valeur implicite du carbone. Troisièmement, puisqu'elle représente la valeur actualisée d'un flux de valeurs sociales, qui augmente avec le temps, elle compense le préjudice que les taux d'actualisation infligent aux investissements à long terme. Quatrièmement, elle offre une couverture contre les risques de création monétaire expansionniste et de « bulles de carbone », car les CC possèdent une valeur nominale faciale dont les spéculateurs des marchés secondaires d'obligations ne pourront pas trop s'écarter.

Le deuxième pilier est l'engagement quantitatif des États. Le réalisme politique suggère qu'un système de ce genre peut être instauré uniquement par un « club de volontaires ». Contrairement à ce que Nordhaus (2015) envisage pour les clubs de tarification du carbone, le désir d'appartenir au club et d'en observer les règles ne serait pas motivé par des sanctions, mais en privant automatiquement les pays fautifs de l'accès aux facilités de crédit offertes par ce système. Un tel système exige l'existence de règles convenues concernant l'engagement des États à garantir un certain nombre d'investissements bas-carbone, nous n'en traiterons pas ici. Ces règles doivent jouer le rôle de « force de rappel » en incitant les pays à réduire l'écart entre leurs émissions et une courbe normative (cf. Hourcade et Shukla, 2015). Le point important est que ces règles ne joueraient pas le même rôle que dans le cas du protocole de Kyoto¹⁰; il n'y aurait pas de conséquence immédiate sur les prix nationaux de l'énergie et le nombre des transferts internationaux serait contrôlé ex ante (une partie seulement des lignes de crédit bénéficieront de la garantie des gouvernements).

Encadré 34.1. La création de CRA et le circuit des bilans comptables

Le tableau 34.1 montre comment le bilan comptable d'une banque centrale se transforme avec la création d'un CRA lorsqu'un prêt de 1 000 dollars est accordé à un entrepreneur qui prévoit de réduire ses émissions de CO₂ de 10 unités, pour une VCRA de 10/tCO₂. Le prêt se partage en deux lignes de crédit (tableau 34.1) : 900 dollars prêtés au taux r^1 et financés par des dépôts rémunérés au taux r^2 , et 100 dollars correspondants prêtés par la banque centrale à une banque commerciale qui peuvent être remboursés en certificats carbone (CC) validés par une autorité. Les normes prudentielles relatives aux fonds propres ne s'appliquent qu'à la première ligne de crédit (900 r^1), car la seconde, adossée à une garantie du gouvernement, est assortie d'un coefficient de risque nul. L'augmentation nette de valeur de la banque commerciale ou de développement n'est que de $0,08 \times 900r^1$ au lieu de $0,08 \times 1000r^1$ dans le scénario de *statu quo* (à savoir en cas de financement conventionnel du projet).

La banque centrale possède désormais une nouvelle créance de 100 dollars auprès de la banque com-

9. Voir le chapitre 33 de ce volume par B. Buchner et J. Wilkinson : *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »*.

10. Contrairement au Protocole de Montréal qui visait à réduire les substances qui menaçaient la couche d'ozone et prévoyait des restrictions commerciales entre parties et non parties, l'article 18 du Protocole de Kyoto interdisait l'utilisation d'un mécanisme d'observance entraînant des conséquences qui lient les Parties à moins qu'il ne soit adopté par un amendement au Traité. De même que le GATT, le Protocole de Kyoto prévoyait qu'une sanction devait recevoir l'approbation de la partie à qui elle était infligée (Mathys et de Melo, 2011). Les raisons d'une telle décision sont exposées dans Hourcade et Gheri (2002).

merciale. Grâce au prêt de 1 000 dollars, l'entrepreneur lance un projet bas-carbone (PBC) avec un rendement espéré de R^{BC} , qui engendre un montant de recettes de 1 000 dollars R^{BC} . Dans l'hypothèse où le projet permet de réaliser la réduction d'émissions escomptée de 5 unités, deux lignes apparaissent au passif du bilan de l'entrepreneur: 900 dollars, remboursés au taux de r^l avec les recettes du projet, et 100 dollars remboursés en CC.

Tableau 34.1. Bilans comptables au moment de l'octroi du prêt bas-carbone

Banque centrale		Banque commerciale		Entreprise	
Actif	Passif	Actif	Passif	Actif	Passif
				1000 R^{LC}	
Prêt CO ₂		+900 r^l	+900 r^l		900 r^l
+100	+100	+100	+100		+100
			+0,08 (900 r^l)		
10 CO ₂	100				
Réduction du CO ₂	Droits de tirage				

Au fur et à mesure des réductions obtenues dans le cadre du projet, l'entrepreneur reçoit des CC. À l'échéance du prêt (tableau 34.2), l'entrepreneur a remboursé l'intégralité de sa dette de 900 dollars avec les recettes du projet et a reçu 10 CC au titre des réductions d'émissions. La première ligne de crédit apparaissant au bilan de la banque commerciale s'annule; il ne reste que la deuxième.

Tableau 34.2. Bilans comptables au terme de la période de remboursement du prêt bas-carbone, avant l'échange d'actifs

Banque centrale		Banque commerciale		Entreprise	
Actif	Passif	Actif	Passif	Actif	Passif
				1000 R^{LC}	
Prêt CO ₂		+0	+0	-900 r^l	+0
+100	+100	+100	+100	+10 CC	+100
			+0		
10 CO ₂	100				
Réduction du CO ₂	Droits de tirage				

C'est alors que la banque centrale procède à un échange d'actifs, en acceptant les 10 CC comme remboursement de sa créance initiale de 100 dollars. La deuxième ligne de crédit, correspondant à la « dette carbone » du projet, peut être annulée (tableau 34.3). Le montant total des liquidités que la banque centrale peut encore émettre au titre du carbone est réduit de 100.

Tableau 34.3. Bilans comptables après l'échange des actifs carbone

Banque centrale		Banque commerciale		Entreprise	
Actif	Passif	Actif	Passif	Actif	Passif
10 CC	+100			1 000 R^{LC}	
Prêt CO_2		+0	+0	-900 r^l	+0
+100	+100	+100	+100	+10 €€	+100
			+0		
10 CO_2	100				
Reduction du CO_2	Droits de tirage				

D'autres circuits sont possibles. Les banques commerciales avec une grande part de projets bas-carbone dans leur portefeuille de prêts auraient un portefeuille moins risqué puisque bénéficiant d'une garantie publique. Elles pourraient conserver une partie des actifs carbone. Les banques bénéficieraient alors d'une réduction du coût de leurs fonds propres engendré par leurs contraintes prudentielles en appliquant un coefficient de risque nul (comme c'est le cas pour les obligations souveraines) à la part des prêts de la banque centrale provenant de liquidités garanties par la VCRA. Les entreprises pourraient également conserver les CRA dans leur bilan afin d'accroître leur valeur selon les termes du modèle d'évaluation des actifs financiers.

4. Effet d'éviction ou sortie du marasme économique ?

L'objectif premier des CRA est de déclencher une vague d'investissements bas-carbone aujourd'hui bloqués en raison de leurs coûts en capital dans le contexte économique actuel fait d'incertitudes. Un grand nombre de tels investissements existe aujourd'hui¹¹. Cet outil faciliterait en outre l'instauration de mécanismes de prix du carbone : le nombre d'investissements financièrement viables pour un prix donné du carbone serait plus élevé, et l'existence d'une VCRA et d'un système efficace de MNV simplifierait la transformation du produit des activités d'atténuation en actifs carbone, un actif financier. Les États seraient de leur côté disposés à de véritables mesures incitatives pour mettre en œuvre les politiques de tarification du carbone puisqu'ils généreraient ainsi davantage d'actifs carbone et équilibreraient le budget public.

Le fait que ces outils aident à l'atténuation du changement climatique ne signifie pas qu'ils soient favorables à l'économie en général. Les arguments pourtant solides en faveur de « l'hypothèse de croissance verte » (OCDE, 2009 ; Banque mondiale, 2012) sont souvent contrés par l'argument de « l'effet d'éviction » (Popp, 2012) selon lequel les investissements ciblant prioritairement les projets bas-carbone évinceraient d'autres investissements socialement et

11. On trouve une bonne analyse de l'ordre de grandeur de ce levier dans De Gouvello et Zelenco (2010) dans le cas de la Low Carbon Development Facility.

économiquement rentables et n'exerceraient donc aucun effet positif sur la croissance économique.

Cet argument doit être revu à la lumière du contexte économique mondial actuel qui est marqué par l'écart entre croissance potentielle et croissance réelle. Au nombre des causes de cet écart figure l'excès d'épargne, diagnostiqué par Ben Bernanke en 2005, qui s'explique par la coexistence d'une forte propension à économiser et d'une faible propension à investir. Ce phénomène rend difficile le maintien d'une demande suffisante pour soutenir des niveaux de production normaux et explique les avertissements relatifs à « l'économie de dépression » (Krugman, 2009) ou à la « stagnation séculaire » (Summers, 2014). Les CRA pourraient empêcher pareil dénouement grâce à la création d'intermédiaires qui seraient en mesure de faire la jonction entre les actifs à long terme et les soldes de trésorerie à court terme, de sorte que l'épargne s'investisse de façon productive, et qu'on évite les risques d'endettement excessif, d'actifs de long terme et peu liquides financés par des actifs à court terme et d'incertitudes du marché monétaire qui ont provoqué une crise systémique¹².

Des évaluations existantes suggèrent qu'à court terme les CRA stimuleraient les investissements et la demande finale en adossant les facilités de crédit à des équipements et des infrastructures servant de garantie. L'incidence macroéconomique de ces actifs pourrait être considérable, car ils génèrent des investissements supplémentaires (environ 0,5 % du PIB dans les décennies à venir) caractérisés par un effet d'entraînement élevé; en effet, les investissements réorientés représentent entre 8 et 9 % de la formation brute de capital¹³. Cette réorientation impliquerait des choix inévitables mais sans réclamer le sacrifice de priorités sociales. Elle rapprocherait l'économie de son taux de croissance potentiel en réduisant l'excès d'épargne et elle permettrait la réalisation des objectifs sociaux au moyen des techniques bas-carbone. À long terme, elle concrétiserait le message de Schumpeter selon lequel les vagues durables d'innovation ne peuvent naître que lorsque leurs promesses séduisent les « esprits animaux de la finance ». Au lieu d'entraîner un manque d'investissements à long terme et la répétition de bulles spéculatives, ces esprits animaux déclencheraient la vague d'innovation « verte » (Stern, 2010; Stern et Rydge, 2012) qui est nécessaire pour soutenir un cycle de croissance prolongé, comme le pétrole, l'automobile et la production de masse l'ont fait au siècle passé.

Une transition vers une société décarbonée, prenant appui sur des CRA, pourrait ainsi avoir un intérêt macroéconomique qui ne manquerait pas d'in-

12. Les institutions financières multilatérales (la BASD, la Banque mondiale, la BERD et la BEI) investissent généralement sur un horizon à long terme. Mais, la portée de leurs interventions restant limitée, elles ne sont pas bien placées pour attirer l'épargne vers la grande variété des investissements nécessaires, notamment les investissements de faible envergure. Les compagnies d'assurance s'emploient à réduire les risques liés aux investissements à long terme, mais ne contribuent pas à l'effort financier lui-même. Pour de plus amples informations concernant les limites des institutions financières actuelles, consulter l'enquête du PNUE (2015), le rapport Canfin-Grandjean (2015) et le rapport de l'OCDE (2015).

13. Simulations réalisées sur la base du *World Energy Outlook* de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2014) et publiées dans Hourcade *et al.* (2014).

téresser les décideurs « climato-agnostiques ». Outre la réduction de l'écart entre la propension à épargner et la propension à investir, elle permettrait de s'attaquer à l'une des principales « défaillances » de l'économie mondiale, soulignée par R.G. Rajan (2010), à savoir la stratégie économique à laquelle ont été contraints les pays en développement. Cette stratégie se fonde sur une croissance tirée par les exportations, ce qui implique une dépendance excessive vis-à-vis du pouvoir d'achat des consommateurs étrangers. Elle comprime la demande nationale et va de pair avec une politique de sous-évaluation des devises.

Les États hésitent à modifier cette stratégie parce qu'ils ne sont pas certains qu'une production réorientée vers la consommation domestique réussisse à pourvoir les emplois perdus dans les secteurs exportateurs, et parce qu'ils craignent qu'un excès de protection dans les secteurs de production orientés vers la demande nationale réduise à terme leurs gains de productivité. Les CRA rendraient le changement de stratégie plus aisé. En plus de générer des flux Nord-Sud importants pour soutenir les CPDN axées sur les marchés et les activités domestiques, ce changement fournirait une réponse à la mise en garde lancée par le FMI concernant le manque d'investissement dans les infrastructures (FMI, 2014) et, étant donné les secteurs concernés (énergie, bâtiment, transport), contribuerait à un développement inclusif (Banque mondiale, 2012). Il réduirait enfin le besoin d'un « bas de laine » de réserves officielles en devises étrangères, car les CRA deviendraient une unité de compte de facto pour les paiements interbancaires.

Conclusions

Il est nécessaire de domestiquer les « esprits animaux » de la finance et de les orienter vers une société décarbonée pour lancer enfin des politiques climatiques ambitieuses qui contribueraient à tirer l'économie mondiale du contexte difficile qu'elle connaît depuis la crise financière. Les *Climate Remediation Assets* (actifs protecteurs du climat, CRA) permettraient d'opérer le changement de paradigme auquel appela la conférence de Cancún en direction « *d'un nouveau modèle de société à faible intensité de carbone, à fort potentiel économique, et qui garantisse la poursuite d'une forte croissance et un développement durable* » ainsi qu'« *un accès équitable au développement durable* » (CCNUCC, 2011). L'intuition sous-jacente est que les politiques climatiques requises remettent en question le contrat social implicite qui repose, au niveau national et international, sur l'énergie et les combustibles fossiles peu onéreux, ce qui a incité les ménages comme les entreprises à adopter des comportements axés sur un stock de capital (moyens de transport, modes de logement, répartition géographique de l'habitat humain) qui ne peuvent pas être modifiés du jour au lendemain.

La finance est, avec les systèmes budgétaires, une composante majeure de tout nouveau contrat social. Une finance fondée sur une monnaie carbone

reviendrait à dire : « *Mon gouvernement est convaincu que la réduction des émissions de carbone possède une valeur. Via des CRA, il accorde un soutien immédiatement tangible aux investissements dans des projets et technologies bas-carbone. Ce faisant, il donne la preuve de son engagement à combattre le réchauffement planétaire au profit d'un développement plus durable* ».

Il s'agit d'une forme de contrat « pour le futur » qui doit être passé au sein de chaque pays, mais qui ne donnera tout son potentiel que s'il implique rapidement la majeure partie de la communauté internationale. Cela est possible parce qu'un système de CRA étendu au monde entier ne réclamerait aucune négociation conflictuelle sur le partage des restes d'un budget mondial d'émissions de CO₂ (Averchenkova *et al.*, 2014). Pareil système réclame un accord sur la valeur économique et sociale des activités d'atténuation et sur les règles de coordination du montant de CRA que les États s'engagent à garantir. Ces règles seront un moyen de traduire le principe des responsabilités communes mais différenciées entre des pays ayant des responsabilités historiquement différentes dans le changement climatique et la crise financière et de soutenir un processus coopératif entre ces pays.

Références

- Agence internationale de l'énergie (AIE), 2014, *World Energy Investment Outlook – Special Report*, Paris.
- AGLIETTA M., ESPAGNE E. et PERISSIN-FABERT B., 2015, « Une proposition pour financer l'investissement bas-carbone en Europe », note d'analyse de France Stratégie (disponible à l'adresse : <http://www.strategie.gouv.fr/publications/une-proposition-financer-linvestissement-bas-carbone-europe>).
- AVERCHENKOVA A., STERN N. et ZENGHELIS D., 2014, « Taming the beasts of 'burden-sharing': an analysis of equitable mitigation actions and approaches to 2030 mitigation pledges », document de travail, Centre for Climate Change Economics and Policy et Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
- Banque mondiale, 2012, *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*, Washington DC.
- BLANCHARD O., 2015, « Ten Take Aways from the 'Rethinking Macro Policy: Progress or Confusion?' », IMF Direct, 1^{er} mai (disponible en anglais à l'adresse : <http://blog-imfdirect.imf.org/2015/05/01/ten-take-aways-from-the-rethinking-macro-policy-progress-or-confusion/>).
- BODANSKY D., 2001, « Bonn Voyage: Kyoto's uncertain revival », *The National Interest*, JSTOR.
- BUCHNER B. *et al.*, 2013, *The Global Landscape of Climate Finance 2013*, Climate Policy Initiative.
- CANFIN P. et GRANDJEAN A., 2015, Mobiliser les financements pour le climat : une feuille de route pour financer une économie décarbonisée, rapport de la Commission Pacal Canfin – Alain Grandjean (disponible à l'adresse : <http://>

alaingrandjean.fr/wp-content/uploads/2015/06/Rapport-CANFIN-GRANDJEAN-FINAL-18062015.pdf).

- CCNUCC, 1997, « Proposed elements of a protocol to the United Nations framework Convention on Climate Change presented by Brazil in response to the Berlin Mandate » (AGBM/1997/misc.1/add.3), Bonn.
- CCNUCC, 2011, « Décision 1/CP.16 Les accords de Cancún : Résultats des travaux du Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme au titre de la Convention », Bonn.
- CLARKE L., JIANG K. *et al.*, 2014, « Assessing Transformation Pathways » in GIEC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- DE GOUELLO C. et ZELENKO I., 2010, « Scaling up the financing of emission reduction projects for low carbon development in developing countries. Proposal for a low carbon development facility », document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale, Washington DC.
- FOGEL R.W., 1964, *Railroads and American Economic Growth: Essays in Economic History*, Baltimore, Maryland, The Johns Hopkins Press.
- Fonds monétaire international, 2014, Perspectives de l'économie mondiale : La reprise s'affermir, mais reste inégale, Washington DC
- HALLEGATTE S., GHIL M., DUMAS P. et HOURCADE J.C., 2008, « Business cycles, bifurcations and chaos in a neo-classical model with investment dynamics », *Journal of Economic Behavior & Organization* 67 (1), p. 57-77.
- HOURCADE J.C. et GHERSI F., 2002, « The Economics of a Lost Deal: Kyoto -The Hague-Marrakesh », *The Energy Journal* 23 (3), p. 1-26.
- HOURCADE J.C. et SHUKLA P., « Climate policy architecture for the Cancun' paradigm shift: building on lessons from history », *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* (à paraître).
- HOURCADE J.C., AGLIETTA M. et PERRISSIN FABERT B., 2014, « Transition to a low-carbon society and sustainable economic recovery, A monetary-based financial device », étude subventionnée par la Caisse des dépôts et consignations, VINCI, BNP et Entreprises pour l'Environnement (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.centre-cired.fr/spip.php?article1827>).
- HOURCADE J.C., PERRISSIN FABERT B. et ROZENBERG J., 2012, « Venturing into Uncharted Financial Waters: An Essay on Climate-Friendly Finance », *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 12 (2), p. 165-186.
- KRUGMAN P., 2008, *Pourquoi les crises reviennent toujours*, New York, W.W. Norton & Company, Inc.
- LANDES D., 1969, *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge et New York, Press Syndicate of the University of Cambridge.
- LEWIS C., PAIN N. et STRASKY J., 2014, « Investment Gaps after the Crisis », document de travail du département des Affaires économiques de l'OCDE, Paris.
- LUDERER G., DE CIAN E., HOURCADE J.C., LEIMBACH M., WAISMAN H. et

-
- EDENHOFER O., 2012, « On the regional distribution of mitigation costs in a global cap-and-trade regime », *Climatic Change* 114 (1), p. 59-78.
- MATHYS N. et DE MELO J., 2010, « Trade and Climate Change: The Challenges Ahead », document d'analyse du CEPR n° 8032, Londres.
 - New Climate Economy, 2014, *Better Growth, Better Climate: The New Climate Economy Report*, The Global Commission on the Economy and Climate.
 - NORDHAUS W., 2015, « Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy », *American Economic Review* 105 (4), p. 1339-1370.
 - OCDE, 2009, Déclaration sur la croissance verte adoptée à la Réunion du Conseil au niveau des Ministres le 25 juin 2009 [C/MIN(2009)5/ADD1/FINAL], Paris.
 - OCDE, 2015, Climate Change: OECD DAC External Development Finance Statistics (disponible en anglais à l'adresse : <http://www.oecd.org/dac/stats/climate-change.htm>).
 - PNUE, Enquête, 2015 : Financial reform, Institutional Investors and Sustainable Development: A review of current policy initiatives and proposals for further progress (disponible en anglais à l'adresse : http://apps.unep.org/publications/pmtdocuments/-Financial_Reform,_Institutional_Investors_and_Sustainable_Development___A_Review_of_Current_Policy_Initiatives_and_Proposals_for_Further_Progress-201.pdf).
 - POPP D. et NEWELL R., 2012, « Where does energy R&D come from? Examining crowding out from energy R&D », *Energy Economics* 34 (4), p. 980-991.
 - RAJAN R.G., 2010, *Fault Lines: How Hidden Fractures Still Threaten The World Economy*, Princeton University Press.
 - ROE M.J., 1994, *Strong Managers, Weak Owners: The Political Roots of American Corporate Finance*, Princeton, New Jersey, États-Unis, Princeton University Press.
 - STERN N. et RYDGE J., 2012, « The New Energy-industrial Revolution and International Agreement on Climate Change », *Economics of Energy and Environmental Policy* 1, p. 1-19.
 - STERN N., 2012, « How can we respond and prosper: The New Energy-Industrial Revolution », ensemble de conférences en hommage à Lionel Robbins, London School of Economics.
 - SUMMER L., 2014, « Bold reform is the only answer to secular stagnation », (disponible en anglais à l'adresse : <http://larrysummers.com/2014/09/08/bold-reform-is-the-only-answer-to-secular-stagnation/#sthash.bUJiisLw.dpuf>).

Chapitre 35

Mesurer la vulnérabilité au changement climatique pour allouer le financement de l'adaptation

Patrick Guillaumont

Les débats sur le financement relatif au climat dans les pays en développement mêlent trop souvent des questions distinctes. Certes l'adaptation au changement climatique ne peut être dissociée du développement économique, ni être conçue indépendamment de l'atténuation du changement, elle-même essentielle dans la stratégie de développement. Mais ces interactions se situent au niveau opérationnel. Elles n'enlèvent rien au besoin de distinguer entre les sources de financement respectivement disponibles pour le développement, l'adaptation et l'atténuation, en particulier entre celles qui sont concessionnelles et entre les raisons qui justifient qu'elles le soient.

Pour le financement de chacun de ces trois objets se posent à la fois le problème de la mobilisation des ressources et celui de leur allocation entre pays receveurs. La mobilisation des ressources a jusqu'ici beaucoup plus retenu l'attention des négociateurs et des experts que leur allocation (comme en témoignent les travaux de Canfin et Granjean, 2015, Canfin *et al.*, 2015 ou Brender et Jacquet, 2015). La déclaration finale de la Conférence des Nations Unies sur le financement du développement (Addis Abeba, juillet 2015) est révélatrice à cet égard. Au sujet du financement relatif au climat, elle rappelle l'engagement des pays développés de mobiliser cent milliards de dollars par an à partir de 2020 auprès de diverses sources afin de répondre aux besoins des pays en développement, ainsi que la nécessité de méthodes transparentes pour l'établissement de rapports sur le financement dans le domaine du climat (Nations Unies, 2015, §60). Elle salue la mise en œuvre du Green Climate Fund (« Fonds vert ») et se réjouit de la décision de son Conseil « *to aim for a 50:50 balance between mitigation and adaptation over time on a grant equivalent basis and to aim for a floor of 50 per cent of the adaptation allocation for particularly vulnerable countries, including least developed countries, small island developing States and African countries* » (Ibid., §61). La règle de partage entre adaptation et atténuation définie seulement pour le Fonds vert reste indéterminée pour l'enveloppe globale des cent milliards. Il en va de même de la règle du minimum de moitié pour les pays vulnérables.

Supposons ici donné le montant total de ressources mobilisées pour le

climat au bénéfice des pays en développement¹, ainsi que la répartition de ces ressources entre atténuation et adaptation. Supposons aussi qu'est déterminée la part qui sera fournie de façon concessionnelle et que les ressources concessionnelles sont additionnelles par rapport à celles déjà mobilisées pour le développement.

Sous ces hypothèses le présent chapitre examine comment les ressources concessionnelles destinées à l'adaptation devraient être allouées entre pays en développement. Il présente d'abord dans la section 1 les principes auxquels l'allocation doit répondre et souligne la nécessité de tenir compte de la vulnérabilité au changement climatique. Il discute ensuite dans la section 2 la nature de la vulnérabilité à considérer et propose à cette fin un nouvel indice indépendant des choix politiques des pays. Enfin il examine dans la section 3 comment les principes énoncés peuvent être mis en œuvre et l'indice être utilisé dans un système mondial d'allocation des fonds d'adaptation.

1. Principes d'allocation des fonds pour le climat entre pays en développement : spécificité de l'adaptation

Pour l'allocation des fonds relatifs au climat comme pour l'aide au développement, trois principes doivent être conciliés : l'efficacité dans l'usage des fonds au regard de l'objectif poursuivi, l'équité dans leur répartition entre pays et la transparence. Pour allouer les fonds dans un cadre multilatéral, la transparence peut être recherchée à travers une formule d'allocation censée représenter le consensus des parties prenantes. C'est ce qu'ont fait les banques multilatérales de développement (MDB) avec la « Performance Based Allocation » (PBA). Il s'agit d'une formule qui permet d'allouer l'enveloppe disponible en fonction d'un indicateur de performance, qui est prédominant², ainsi que du produit par tête, dont un faible niveau exprime les besoins du pays. L'application de cette formule a donné lieu à de nombreuses modifications, complications et exceptions qui ont suscité des critiques et fortement réduit la transparence de l'allocation (voir notamment Guillaumont, Guillaumont Jeanneney et Wagner, 2015 ; Guillaumont et Wagner, 2015 ; Kanbur, 2005). Pour l'allocation des fonds d'adaptation entre pays en développement, il est possible à nouveau de recourir à une formule qui en assure la transparence tout en prévenant les critiques adressées à la PBA.

1. Voir le chapitre 33 de ce volume par B. Buchner et J. Wilkinson : *Avantages et inconvénients des sources alternatives de financement et perspectives liées au « financement non conventionnel »* et le chapitre 32 de ce volume par E. Massetti : *Aspects macroéconomiques de la politique climatique : investissements et flux financiers*.

2. Dérivé principalement du CPIA (Country Policy and Institutional Assessment) indice composite utilisé par les MDB.

1.1. Allocation pour l'atténuation et allocation pour l'adaptation : deux logiques différentes

Il n'est pas possible de traiter simultanément de l'allocation géographique souhaitable des fonds d'adaptation et de celle des fonds d'atténuation car leurs objectifs sont différents.

L'atténuation du changement climatique pour l'essentiel correspond à la production d'un bien public mondial. Elle doit certes être mise en œuvre dans des pays, mais pour l'intérêt de la planète. L'efficacité s'apprécie alors essentiellement en termes de CO₂ évité, plutôt qu'en termes de développement des pays où l'atténuation est mise en œuvre. Au regard de l'efficacité les fonds correspondants devraient servir là où les possibilités d'atténuation sont les plus importantes³. Mais, accordés sur une base concessionnelle à des pays pauvres, ces crédits peuvent aussi les aider à mettre en œuvre une stratégie de développement propre, comme les fonds pour le maintien des forêts tropicales⁴. Ce critère de besoins peut être satisfait par une simple condition d'éligibilité ou par une modulation de la concessionalité en fonction du revenu.

L'adaptation au contraire concerne chaque pays en particulier et les fonds qu'il reçoit à ce titre sont supposés servir à son propre développement. Ils peuvent être canalisés de différentes façons et selon des critères spécifiques, mais leur utilisation ne peut être dissociée de celle de l'aide au développement. Il y a donc un risque de fongibilité menaçant le caractère additionnel des ressources. C'est la spécificité des critères auxquels répond l'allocation des fonds d'adaptation qui permet de les différencier des autres flux pour le développement.

1.2. Le fondement éthique du critère de vulnérabilité au changement climatique pour l'adaptation

La grande spécificité de la vulnérabilité au changement climatique est évidemment que pour l'essentiel les pays pauvres qui la subissent n'en sont pas responsables⁵. Cette vulnérabilité constitue donc un critère d'allocation répondant au principe d'équité (ou de besoin) qui est sans équivalent. Il existe certes un précédent dans le domaine de l'allocation de l'aide publique au développement (APD) lorsque la vulnérabilité économique structurelle est prise comme un des critères d'allocation. Mais pour la vulnérabilité au changement climatique la justification est plus forte, pour deux raisons. D'abord et surtout, il y a comme une dette des pays développés responsables du changement climatique vis-à-vis de ceux qui ne font que le subir. Birdsall et de Nevers (2012) parlent d'une « responsabilité causale », créant en quelque sorte un droit (« entitlement ») pour les pays victimes du changement climatique. Ensuite, comme on le verra, il est possible de concevoir un indice de vulnérabilité plus claire-

3. Voir le chapitre 32 de ce volume par E. Massetti : *Aspects macroéconomiques de la politique climatique : investissements et flux financiers*.

4. Voir le chapitre 28 de ce volume par A. Angelsen : *Quel avenir pour la REDD+ ?*

5. Voir le chapitre 27 de ce volume par A. Kaudia : *Pour les pays à faible revenu : adapter les objectifs de lutte contre le changement climatique*.

ment indépendant des choix propres du pays que celui ordinairement utilisé pour mesurer la vulnérabilité économique structurelle, à savoir l'Economic Vulnerability Index (EVI) initialement établi aux Nations Unies pour l'identification des Pays les moins avancés (PMA) (Guillaumont, 2009).

Bien que l'idée d'utiliser un indice de vulnérabilité au changement climatique comme critère d'allocation des fonds d'adaptation ait été d'abord présentée parallèlement à l'usage de la vulnérabilité économique structurelle comme critère d'allocation de l'APD (Guillaumont, 2008, 2009, 2015), elle en est indépendante, en raison de son fondement éthique. Elle a été avancée par la Ferdi (Guillaumont et Simonet, 2011, 2014) et par le Center for Global Development (CGD) (Wheeler, 2011; Birdsall et de Nevers, 2012), ainsi que dans divers travaux menés pour le *World Development Report 2010* (World Bank, 2010; Barr, Fankhauser, Hamilton, 2010; Füssel, 2010), sans que ces divers travaux convergent sur la façon d'évaluer la vulnérabilité à prendre en compte dans l'allocation⁶.

2. Un indicateur de vulnérabilité au changement climatique comme critère d'allocation géographique des fonds d'adaptation

2.1. Quel type d'indicateur pour mesurer la vulnérabilité ?

Il existe de nombreux indices de vulnérabilité climatique⁷. Mais n'étant pas conçus à cette fin ils ne répondent généralement pas aux conditions requises pour servir de critère d'allocation des ressources d'adaptation.

En premier lieu, l'indice doit être indépendant de la politique des pays. En effet si la politique permet de diminuer la vulnérabilité, en augmentant la capacité d'adaptation, c'est-à-dire la résilience, ce ne doit pas être une raison de réduire l'allocation. En effet il y a dans la vulnérabilité deux composantes dont l'impact sur l'allocation est logiquement de sens opposé : la vulnérabilité véritablement exogène, celle qui résulte des chocs subis par le pays et dont il n'est pas responsable, justifie incontestablement un soutien extérieur, ce qui n'est pas le cas de la vulnérabilité que le pays pourrait diminuer en améliorant sa capacité d'adaptation. Au contraire une politique interne de réduction de la vulnérabilité⁸ peut être un critère éventuel de performance, s'il est jugé utile d'avoir un tel critère. La distinction précédente vaut en particulier pour la résilience, qui résulte à la fois de facteurs structurels, tels que le revenu par tête ou le capital humain, généralement pris en compte de façon séparée dans le

6. Les rares travaux consacrés depuis à ce sujet semblent l'avoir été pour l'allocation des ressources du Fonds vert, traitant soit de façon indifférenciée l'atténuation et l'adaptation (Polycarp *et al.*, 2013), soit séparément l'adaptation (Noble, 2013), mais sans utiliser un critère quantitatif de vulnérabilité au changement climatique.

7. Survey in Fussel, 2010 ; Guillaumont, Simonet et Closset, 2015 ; Miola *et al.*, 2015.

8. Pouvant se traduire en mesures particulières telles que la constitution de réserves extérieures, mécanismes d'assurance.

processus d'allocation, leur faible niveau justifiant plus d'appui, et la politique de réduction de la vulnérabilité, dont la faiblesse peut éventuellement conduire à moins d'appui. Or la plupart des indices disponibles mêlent les deux types de vulnérabilité, et en particulier les deux types de résilience, ce qui leur permet certes d'offrir une large vue de la vulnérabilité d'un pays, mais les rend impropres à l'allocation⁹.

En deuxième lieu, et pour une raison voisine, il ne semble pas possible à des fins de comparaison internationale et d'allocation d'utiliser des indices de vulnérabilité correspondant à une évaluation des dommages économiques attendus du changement climatique¹⁰. Certes des progrès considérables ont été faits dans l'évaluation de ces dommages, comme en témoigne la revue par Dell, Jones et Olken (2014) de la « New Climate-Economy Literature ». Le chapitre 20 de Hallegatte *et al.* en fournit des exemples. Toutefois ces estimations restent inévitablement discutables et partielles, ce que soulignent les auteurs précités. Par exemple, les pertes de production agricole résultant d'un surcroît d'aridité dans un avenir lointain dépendent non seulement de l'évolution des précipitations et températures, mais aussi de l'évolution des techniques, recherches et politiques agricoles. De plus, il existe des dommages économiques du changement climatique qui sont encore plus difficilement prévisibles et calculables (par exemple, dans le domaine de la paix et de la sécurité). D'une façon générale, l'estimation des dommages implique des hypothèses sur les politiques d'adaptation qui ne peuvent être que spécifiques à chaque pays et être définies par lui si l'on veut respecter les principes d'alignement et d'appropriation. Les estimations des coûts des dommages potentiels ou de l'adaptation menées à l'échelle globale, extrêmement utiles pour la mobilisation globale des ressources, ne peuvent constituer la base d'une allocation entre pays des crédits d'adaptation¹¹.

En troisième lieu la vulnérabilité qu'il est pertinent de retenir pour l'allocation, en raison du fondement éthique rappelé plus haut, est la vulnérabilité au *changement* climatique, non la vulnérabilité climatique en elle-même, qui a toujours existé sous des formes variées dans différentes régions du monde. La vulnérabilité initiale n'engage pas la responsabilité des pays développés de la même façon.

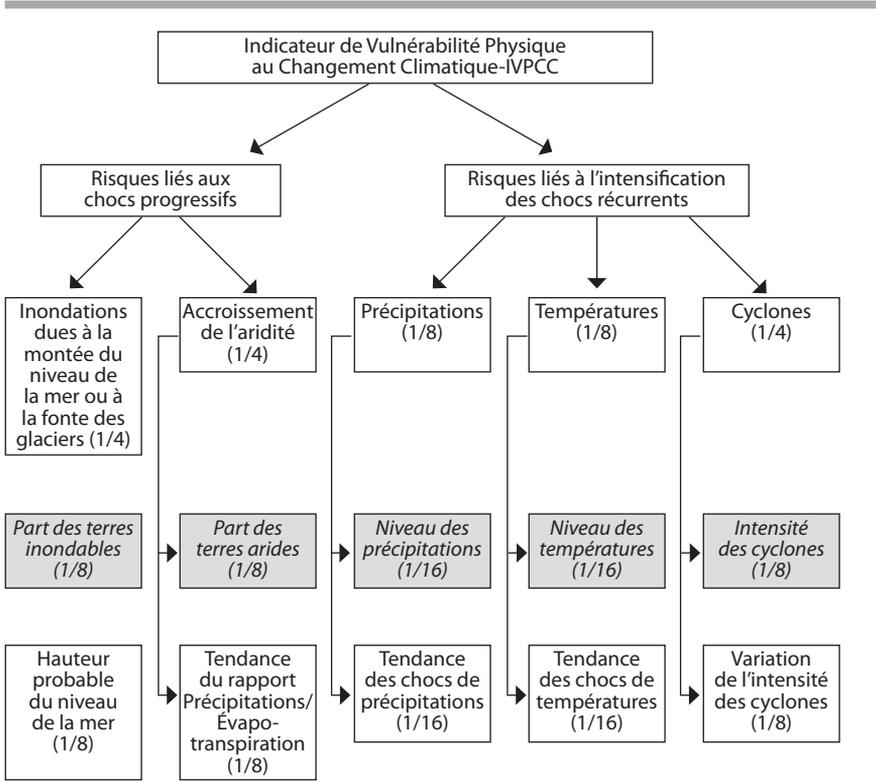
En bref nous proposons d'utiliser un indice de vulnérabilité *physique* au changement climatique qui soit *exogène*, n'implique aucune estimation socio-économique et capte de façon évolutive un impact du *changement* climatique, plutôt que du climat. Puisque l'indice doit refléter un changement susceptible de se poursuivre, que le seul changement non discutable est celui qui est observé, et que les perspectives varient avec l'arrivée d'observations nouvelles, l'indice doit être constamment remis à jour.

9. Un exemple significatif est donné par l'indice ND-GAIN (University of Notre Dame Global Adaptation Index), Avril 2015.

10. D. Wheeler (2011) notamment se réfère aux pertes de productivité agricole estimées par Cline (2007), pour le CGD.

11. La Banque mondiale souligne la fragilité des conclusions « *across countries* » sur les coûts de l'adaptation (World Bank, 2010, p. 89).

Figure 35.1. Composition de l'indicateur de vulnérabilité physique au changement climatique



NB. Les cases correspondant aux deux dernières lignes représentent respectivement des composants relatifs à l'exposition aux chocs (en italique) et des composants relatifs au niveau des chocs.

2.2. Un indicateur de vulnérabilité physique au changement climatique (PVCCI-Physical Vulnerability to Climate Change Index)

Un indicateur de vulnérabilité physique au changement climatique répondant aux critères précédents (exogénéité des composants, absence de variables socio-économiques, accent mis sur l'impact du changement) a été établi par la Ferdi en 2011 (Guillaumont et Simonet, 2011), puis révisé à plusieurs reprises pour utiliser de nouvelles données ou apporter des améliorations méthodologiques (Guillaumont, et Simonet, 2014; Guillaumont, Simonet, Closset et Feindouno, 2015). Il est présenté dans la figure 35.1. Il s'agit d'un indicateur dynamique, tourné vers le futur, bien qu'établi à partir de données passées, construit sur la base d'une distinction entre deux sortes de risques dus au changement climatique :

- les risques liés à des *chocs progressifs*, tels que l'élévation du niveau de la mer (risque d'inondation), la tendance à l'accroissement des températures ou à la diminution des précipitations pluviométriques (risque de désertification) ;

- les risques liés à l'*intensification des chocs récurrents*, qu'il s'agisse des chocs pluviométriques, des chocs de température ou des cyclones.

Pour chacun de ces types de choc, l'indice proposé, comme EVI, s'appuie sur une distinction entre l'ampleur des chocs et l'exposition aux chocs. Puisque les sources de vulnérabilité sont hétérogènes et que la vulnérabilité de chaque pays est spécifique, les indices correspondant aux divers types de chocs sont agrégés à travers une moyenne quadratique, laquelle donne le plus de poids aux composants reflétant le plus haut niveau de vulnérabilité.

Dans sa structure actuelle, le PVCCI n'intègre pas la résilience, c'est-à-dire la capacité d'adaptation aux chocs, puisque, comme expliqué plus haut, elle est déterminée par deux catégories de facteurs qui influencent en sens opposé l'allocation, les facteurs structurels (revenu par tête, capital humain) et la politique de résilience.

Tableau 35.1. Indicateur de vulnérabilité physique au changement climatique (PVCCI) par groupes de pays

Groupes de pays	Moyenne	Médiane	Écart-type	Min	Max
Pays en développement (108)	45,6	44,7	7,3	31,4	63,2
PMA (47)	46,0	42,2	7,2	33,2	59,0
Non PMA (61)	45,2	45,8	7,5	31,4	63,2
PEID (24)	47,8	48,2	9,1	31,4	63,2
PEID PMA (10)	47,5	48,1	9,1	33,2	59,0
PEID Non-PMA (14)	48,0	48,2	9,4	31,4	63,2

2.3. Les groupes de pays les plus vulnérables au changement climatique

La déclaration d'Addis Abeba se félicite de l'objectif du Fonds vert d'allouer la moitié de ses ressources aux « pays vulnérables », nommant les PMA, les PIED (Petits États insulaires en développement) et les pays africains. L'énumération, consensuelle, doit pour devenir opérationnelle faire l'objet d'une appréciation chiffrée. Or les estimations peuvent différer selon la méthode de calcul de l'indice. Les dernières estimations de la Ferdi données dans le tableau 35.1.¹² ne font pas apparaître un niveau moyen de vulnérabilité physique au changement climatique des PMA significativement différent de celui des autres pays en développement, alors que l'indice de vulnérabilité économique structurelle (EVI) y est significativement plus élevé, ce qui est normal puisque EVI est un critère d'identification des PMA. Mais le PVCCI n'intègre pas la résilience structurelle, beaucoup plus faible dans les PMA (et en Afrique), en raison d'un moindre niveau de capital humain et de revenu par tête. Les PMA sont donc bien particulièrement vulnérables au changement climatique si l'on considère

12. Calculs effectués par Sossou Feindouno.

la « vulnérabilité structurelle » incluant la vulnérabilité physique et les facteurs structurels de faible résilience.

Pour les PEID, au contraire, le niveau moyen du PVCCI est un peu supérieur à celui des autres pays en développement (ainsi que des PMA, ce qui n'est pas le cas pour EVI).

Il existe une forte dispersion des indices à l'intérieur de chaque catégorie de pays. C'est une raison majeure pour que l'allocation soit établie pays par pays, en fonction de critères tels que le PVCCI plutôt qu'en fonction de catégories, et que soit examinée ensuite ce qui en résulte au niveau des catégories.

3. Mise en œuvre : définir et utiliser des « crédits d'adaptation »

Supposons maintenant que soit disponible pour la plupart des pays en développement un indice de vulnérabilité physique au changement climatique faisant l'objet d'un consensus. Comment l'utiliser pour l'allocation des fonds d'adaptation ? Il faut encore un consensus sur une formule d'allocation, qui utilisant cet indice à côté d'autres critères éventuels détermine une répartition entre pays du volume global des fonds d'adaptation. Serait ainsi estimé pour chaque pays une « allocation normale » ou « crédit d'adaptation » sur la base duquel il pourrait s'adresser aux diverses institutions de financement canalisant les fonds d'adaptation.

3.1 Mesure du crédit d'adaptation à partir d'une formule d'allocation

La formule doit exprimer l'idée simple selon laquelle les fonds d'adaptation doivent répondre aux besoins de pays affectés par un changement climatique dont ils ne sont pas responsables et face auquel ils sont d'autant plus démunis qu'ils sont plus pauvres. La formule doit donc reposer sur deux critères essentiels, la vulnérabilité physique au changement climatique et le revenu par tête (ou/et le niveau de capital humain). Les variables correspondant aux deux critères seront introduits dans la formule de préférence de façon multiplicative, l'exposant de chaque variable représentant l'élasticité de l'allocation par rapport à chacune d'elles.

Le modèle s'apparente à celui que toutes les banques multilatérales de développement (BMD) utilisent pour allouer leurs apports concessionnels, à travers la PBA (*Performance Based Allocation*) (cf. Guillaumont et Wagner, 2015). Mais il s'en différencie pour deux raisons. D'abord il inclut un indicateur de vulnérabilité (climatique), alors que les BMD n'ont pas jusqu'à présent intégré la vulnérabilité (économique) dans leur modèle¹³. Ensuite et surtout, dans la PBA le critère de « performance », essentiellement de gouvernance, joue un rôle majeur. La priorité est mise en principe sur l'efficacité, plutôt que sur

13. À l'exception de la Banque développement des Caraïbes. Mais la Commission européenne a récemment utilisé EVI pour l'allocation de son aide.

l'équité. Pour l'allocation des fonds d'adaptation, au contraire, la priorité est mise sur l'équité, en raison du fondement éthique du financement de l'adaptation. L'essentiel est que la mesure de la vulnérabilité au changement climatique retenue représente bien la vulnérabilité dont ils ne sont pas responsables, afin de justifier le soutien de la communauté internationale. Quant au revenu par tête, il sert à capter le besoin de ressources concessionnelles pour l'adaptation, en même temps que son bas niveau constitue un signe de faible résilience structurelle.

Cette approche rejoint le point de vue exprimé par Nancy Birdsall et Michele de Nevers (2012), mais s'écarte de la façon dont certains auteurs envisagent l'allocation des fonds d'adaptation en s'inspirant de la PBA et en donnant un poids important à la mesure de la « performance » (Barr, Hamilton et Fankhauser, 2010; World Bank, 2010). Le modèle proposé ici est celui d'une *Vulnerability Based Allocation* (VBA), plutôt que d'une PBA.

En utilisant le même calibrage des variables que dans le modèle de PBA utilisé par les BMD et la même forme fonctionnelle, un modèle a été construit à partir de seulement trois variables : une variable de faible niveau de revenu par tête (AY), une mesure du PVCCI (V) et le chiffre de la population (P)¹⁴. Les résultats d'une simulation effectuée à titre d'illustration¹⁵ pour un échantillon de 98 pays, avec la dernière version du PVCCI de la Ferdi et les chiffres de revenu par tête et de population de l'année 2014, sont donnés dans le tableau 35.2. Ils font apparaître :

- (1) dans la colonne (1) la part relative de l'allocation allant vers chacune des catégories suivantes (qui se recoupent en partie) : (PMA) ; les pays à faible revenu (PFR) ; les pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure (PRITI) et ceux de la tranche supérieure (PRITS) ; les Petits États insulaires en développement (PEID), les pays d'Afrique sub-saharienne (ASS) ;
- (2) dans la colonne (2) la part relative de la population de chaque groupe ;
- (3) dans les colonnes (3) et (4) un indice d'allocation relative par tête, en moyenne pondérée et en moyenne simple (ratio > 1 si l'allocation par tête est supérieure à la moyenne globale) et des indicateurs de dispersion de l'allocation à l'intérieur de chaque groupe (colonnes 5 à 7).

Selon cette simulation, les PMA reçoivent plus de la moitié des crédits d'adaptation. Le groupe des PEID reçoit un niveau moyen par tête proche de la moyenne, en raison du niveau élevé du revenu par tête de beaucoup d'entre eux. Quand un exposant inférieur à l'unité est appliqué au chiffre de la population, de façon à tenir compte d'une plus faible résilience due à la faible dimension, l'allocation moyenne par tête des PEID devient supérieure à la moyenne. La dispersion est forte entre pays à l'intérieur de chaque groupe.

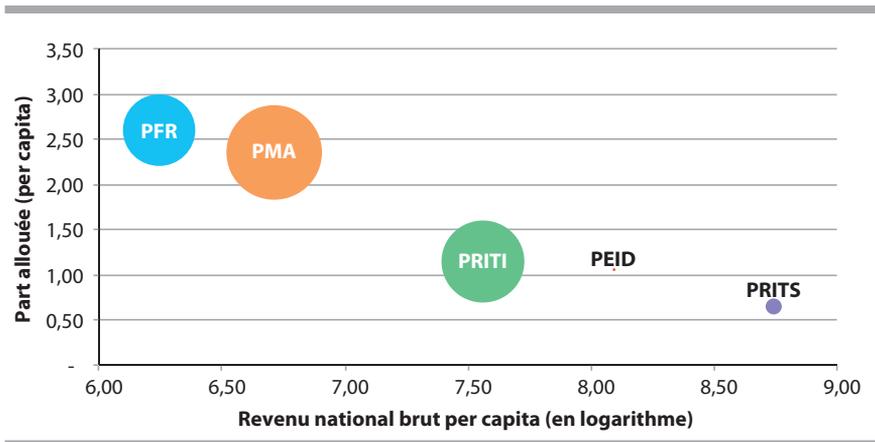
14. Selon la formule suivante : Allocation au pays i est $A_i = P_i^a \cdot AY_i^b \cdot V_i^c$ où a , b , et c , sont les élasticités de l'allocation par rapport aux variables.

15. Simulations dues à Laurent Wagner, Ferdi (ici avec les paramètres suivants : $a=1$; $b=2$; $c=4$, les valeurs relatives indiquant le poids élevé accordé à la vulnérabilité au changement climatique. Une variante avec $a=0,8$ permet de tenir compte de la vulnérabilité due à la faible dimension, ce qui augmente le niveau d'allocation aux PEID.

Tableau 35.2. Allocation des ressources d'adaptation entre 106 pays en développement

	Part des ressources allouées (%) (1)	Part de la population totale (%) (2)	Allocation relative per capita Moyenne pondérée (3)=(1)/(2)	Allocation relative per capita Moyenne simple (4)	Allocation relative per capita Écart-t (5)	Allocation relative per capita Max (6)	Allocation relative per capita Min (7)
PFR	42,22 %	20,03 %	2,11	2,60	3,12	10,14	0,15
PRITI	48,37 %	49,38 %	0,98	1,15	1,40	4,99	0,01
PRITS	9,41 %	30,59 %	0,31	0,65	0,73	2,63	0,00
PMA	55,75 %	30,28 %	1,84	2,36	2,74	10,14	0,02
PEID	1,71 %	1,77 %	0,97	1,06	1,07	3,75	0,01

La figure 35.2. résume ces estimations pour chaque groupe de pays en fonction du revenu brut par tête moyen, la taille des bulles indiquant la part allant aux différents groupes.

Figure 35.2. Allocation de crédits d'adaptation per capita par catégorie de pays (a = 1)

Soulignons que ce sont des critères continus et non des catégories de pays qui servent à définir des normes d'allocation. Si les PMA reçoivent la moitié des crédits d'adaptation, ce n'est pas en raison d'un quota, mais en raison de leurs caractéristiques. Certains PMA peuvent être peu vulnérables au changement climatique et recevoir peu de crédits d'adaptation, cependant qu'ils ont une forte vulnérabilité économique justifiant un niveau relativement élevé d'APD par tête, cependant que des non-PMA à revenu intermédiaire peuvent

connaître une forte vulnérabilité au changement climatique justifiant un assez haut niveau de crédits d'adaptation, sans pour autant être éligibles à un haut niveau d'APD. À cet égard, l'allocation des crédits d'adaptation en fonction d'un indicateur de vulnérabilité au changement climatique devrait contribuer à la « transition douce » que souhaitent les Nations Unies pour les pays sortant de la catégorie des PMA, parmi lesquels beaucoup sont vulnérables au changement climatique.

Si, sous l'influence des bailleurs de fonds, des facteurs de gouvernance devaient être introduits dans le modèle d'allocation des fonds d'adaptation, ils le seraient avec un signe positif, comme critère d'efficacité ou de performance. Le critère logique serait pour cela un indicateur de politique de résilience. Mais, comme on l'a vu, la résilience, qui est liée à la volonté propre du pays, est difficile à mesurer. Quelles seraient alors les options ? La performance économique générale selon une mesure similaire à celle utilisée pour la PBA ? La qualité de la politique de lutte contre le réchauffement, qui serait un critère d'allocation pertinent pour l'atténuation ? Une évaluation du portefeuille des projets réalisés dans le pays par l'aide extérieure ?

Aucune de ces options ne trouve finalement de justification par rapport à l'argument éthique propre à l'adaptation rappelé plus haut. Devrait-on réduire les crédits d'adaptation à un État fragile, en raison d'une mauvaise gouvernance liée à sa fragilité ? Quant à la qualité des projets d'adaptation, elle peut être assurée autrement, lors de l'utilisation des crédits.

3.2. Usage des crédits d'adaptation par pays. Mise en concurrence des organismes accrédités

Comment le pays pourrait-il utiliser ce « crédit » ?

Il semble acquis qu'un certain nombre d'institutions seront accréditées pour recevoir les contributions additionnelles de la communauté internationale pour le climat (non seulement le Fonds vert, mais aussi les BMD, le PNUD, diverses agences bilatérales de développement). Dans le système ici proposé, il sera possible aux pays en développement bénéficiaires d'un crédit d'adaptation de faire valoir tout ou partie de ce crédit auprès de l'institution accréditée de leur choix. Une instance internationale (qui peut être le Fonds vert) sera alors chargée de tenir la comptabilité des dotations reçues par les institutions accréditées et des tirages effectués auprès d'elles. Le montant total des crédits d'adaptation accordés ne devra pas dépasser celui des dotations. L'un et l'autre pourront être mesurés en termes d'élément-don afin de que soient mis en œuvre les projets selon les conditions financières paraissant dans chaque cas les plus adéquates.

Chaque pays titulaire d'un crédit d'adaptation peut alors présenter à l'institution de son choix des projets ou des programmes d'adaptation. L'institution accréditée s'assure qu'il s'agit bien d'un projet ou programme d'adaptation, puis en analyse avec le pays les conditions de réalisation, comme elle le fait pour ses autres opérations. Chaque pays peut faire valoir son crédit d'adaptation auprès de l'institution qui lui offre les meilleures conditions financières et prestations techniques.

Dans ce qui précède, nous avons supposé qu'à partir du volume de ressources mobilisé pour l'adaptation les dotations de chaque institution accréditée sont déterminées de façon discrétionnaire par les bailleurs de fonds d'adaptation. On peut aussi imaginer que le Fonds vert, au lieu de devenir une institution additionnelle de financement direct de projets ou programmes d'adaptation, intervienne simplement comme organisme de refinancement des institutions accréditées ou de bonification de leurs prêts. Ces institutions recevraient alors leurs ressources additionnelles d'adaptation pour partie de façon bilatérale et discrétionnaire, pour partie (ou exclusivement si la communauté internationale en décidait ainsi) à travers le Fonds vert en fonction de la qualité des projets et programmes qui lui seraient soumis. La cohérence avec les projets et programmes de développement serait assurée au niveau opérationnel par les institutions accréditées, dont c'est le métier. La conformité avec l'objectif d'adaptation le serait à travers le mode de financement, en particulier grâce à l'intervention du Fonds vert, dont la fonction pour l'adaptation serait alors redéfinie.

Le processus d'utilisation des crédits d'adaptation décrit ci-dessus ne se justifie que si les bailleurs de fonds ont la volonté de s'assurer que les fonds mobilisés servent bien à l'adaptation, quels que soient les risques de fongibilité. Quant à la contribution des pays avancés, elle devrait alors être établie en fonction de la responsabilité de chacun dans le réchauffement climatique. La proposition qui précède vise seulement à répartir la somme de ressources additionnelles mobilisées pour l'adaptation par la communauté internationale. Les bailleurs de fonds pourront évidemment consacrer à l'adaptation un volume de ressources supérieur à ce qu'ils se seront engagés à apporter. Ils seront d'autant mieux amenés à le faire que leur aide au développement, sans être réduite, sera adaptée dans une proportion croissante au changement climatique.

Références

- BARR R., FANKHAUSER S. et HAMILTON K., 2010, « Adaptation Investments: A Resource Allocation Framework », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15(8), p. 843-858.
- BIRDSALL N. et DE NEVERS M., 2012, « Adaptation Finance, How to Get Out from between a Rock and a Hard Place. », CGD Policy Paper PP 001. Washington DC, Center for Global Development.
- BRENDER A. et JACQUET P., 2015, « Comment financer le climat ? », *Le climat va-t-il changer le capitalisme ? La grande mutation du 21^e siècle*, Mistral J. (dir.), Paris, Eyrolles, pp. 121-134.
- CANFIN P. et GRANDJEAN A., 2015, « Mobiliser Les Financements Pour Le Climat. » Rapport de la commission Pascal Canfin - Alain Grandjean, juin 2015, Paris. <http://www.elysee.fr/communiqués-de-presse/article/rapport-mobiliser-les-financements-pour-le-climat-de-pascal-canfin/>.

-
- CHEN C., NOBLE I., HELLMAN J., MURILLO M. et CHAWLA N., 2015, « University of Notre Dame Global Adaptation Index Country Technical Report » USA, University of Notre Dame. http://index.nd-gain.org:8080/documents/nd-gain_technical_document_2015.pdf.
 - CLINE W.R., 2007, *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*, Washington DC, Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
 - European Commission, 2015, « Workshop on 'Indicators and Data for Climate Resilient Development: From Data to Information and Knowledge to Policy Actions' », Brussels, JRC Science Hub - European Commission. <https://ec.europa.eu/jrc/en/event/workshop/indicators-and-data-climate-resilient-development>.
 - FÜSSEL H.M., 2010, « Review and Quantitative Analysis of Indices of Climate Change Exposure, Adaptive Capacity, Sensitivity, and Impacts », Background Note for the *World Development Report. Development and Climate Change*.
 - Green Climate Fund, 2015, « Analysis of the Expected Role and Impact of the Green Climate Fund », GCF/B.09/06. Korea: Green Climate Fund. http://www.gcfund.org/fileadmin/oo_customer/documents/MOB201503-9th/06_-_Analysis_of_the_Expected_Role_and_Impact_of_the_Green_Climate_Fund_20150228_fin.pdf.
 - GUILLAUMONT P., 2008, « Adapting Aid Allocation Criteria to Development Goals. An Essay for the 2008 Development Cooperation Forum, UN ECOSOC », Ferdi Document de travail Po1, mai 2008.
 - GUILLAUMONT P., 2009, « An Economic Vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy » *Oxford Development Studies*, 37 (3), p. 193-228.
 - GUILLAUMONT P., 2015, « Measuring Structural Vulnerability to Allocate Development Assistance and Adaptation Resources. » Ferdi, Document de travail P68, mars.
 - GUILLAUMONT P., GUILLAUMONT JEANNENEY S. et WAGNER L., 2015, « How to take into account vulnerability in aid allocation criteria and lack of human capital as well: improving the performance based allocation », Ferdi Document de travail P13, octobre 2010, version révisée janvier 2015, à paraître dans *Word Development*, 2016.
 - GUILLAUMONT P. et SIMONET C., 2011, « Designing an Index of Structural Vulnerability to Climate Change », Ferdi Document de travail Io8, mars.
 - GUILLAUMONT P. et SIMONET C., 2014, « Facing Climate Change in the LDCs: How to Fit the Istanbul Programme of Action », *LDC IV Monitor, Istanbul Programme of Action for the LDCs (2011-2020). Monitoring Deliverables, Tracking Progress-Analytical Perspectives*, Commonwealth Secretariat, p. 287-317.
 - GUILLAUMONT P., SIMONET C., CLOSSET M. et FEINDOUNO S., 2015, « An Index of Physical Vulnerability to Climate Change, Who Are the Most Vulnerable Countries? », Ferdi Document de travail, à venir.
 - GUILLAUMONT P. et WAGNER L., 2015, « Performance Based Allocation (PBA)

-
- of Foreign Aid: Still Alive?», *Handbook on the Economics of Foreign Aid*, Arvin M. (dir.), Cheltenham, UK, Edward Elgar, à venir.
- KANBUR R., 2005, « Réformer la formule: une modeste proposition pour inclure des critères de résultats dans les procédures d'allocation de l'aide de l'IDA », *Revue d'économie du développement* 2005/2 (Vol. 13), p. 238.
 - MIOLA A., PACCAGNAN V., PAPADIMITRIOU E., et MANDRICI A., 2015, « Climate Resilient Development Index: Theoretical Framework, Selection Criteria and Fit for Purpose Indicators », Report EUR 27126 EN. Joint Research Center.
 - Nations Unies, 2015, « Outcome of the Third International Conference on Financing for Development: Addis Abeba Action Agenda » A/CONF.227/L.1.
 - NOBLE I., 2013, « Options for Resource Allocation in the Green Climate Fund (GCF): Possible Allocation Principles and Criteria – Adaptation » Background Paper 3, *Options for Resource Allocation in the Green Climate Fund*, Climate Analytics. http://climateanalytics.org/files/gcf_allocation_options_background_paper_3.pdf
 - POLYCARP C., DOUGLAS A., BIRD N. et BIRJANDI-FERIZ M., 2014, « Making the Green Climate Fund's Allocations Add Up to Its Ambition », Working Paper. Climate Finance Series. World Resources Institute. <http://www.wri.org/publication/green-climate-fund-allocation>
 - WESTPHAL M., CANFIN P., BALLESTEROS A. et MORGAN J., 2015, « Getting to \$100 Billion: Climate Finance Scenarios and Projections to 2020 », *World Resources Institute Working Paper*. <http://www.wri.org/publication/getting-100-billion-climate-finance-scenarios-and-projections-2020>.
 - WHEELER D., 2011, « Quantifying Vulnerability to Climate Change: Implications for Adaptation Assistance », Working Paper 240. <http://www.cgdev.org/publication/quantifying-vulnerability-climate-change-implications-adaptation-assistance-working>.
 - World Bank, 2010, « Economics of Adaptation to Climate Change - Synthesis Report. » 70267. Washington DC, The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2010/01/16436675/economics-adaptation-climate-change-synthesis-report>
 - World Bank, 2010, *World Development Report 2010: Development and Climate Change*, Washington DC.

Les auteurs

Keigo AKIMOTO est responsable du groupe d'analyse des systèmes du Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE). Il a été professeur invité à la Graduate School of Arts and Sciences de l'université de Tokyo de 2010 à 2014 et a fait partie des auteurs principaux du Groupe de travail III ayant contribué au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il a été membre de plusieurs organes consultatifs sur les politiques énergétiques et environnementales du gouvernement japonais, dont le Comité des politiques stratégiques de l'Advisory Committee for Natural Resources and Energy, le Sous-comité pour l'environnement mondial de l'Industrial Structure Council et le Sous-comité d'évaluation de l'impact du changement climatique du Central Environment Council. Il est également membre associé du Science Council of Japan. Il est titulaire d'un doctorat.

Joseph E. ALDY est professeur agrégé en politiques publiques à la Harvard Kennedy School, membre invité du centre de recherche Resources for the Future, chercheur universitaire au National Bureau of Economic Research, ainsi que conseiller principal du Center for Strategic and International Studies. Ses travaux de recherche se concentrent sur les politiques relatives au changement climatique, les politiques énergétiques et la réduction du risque de mortalité. Il occupe également la chaire universitaire du Regulatory Policy Program du Mossavar-Rahmani Center for Business and Government. En 2009/2010, il a occupé le poste d'assistant spécial auprès du Président sur les questions d'énergie et d'environnement, à la Maison-Blanche. Joseph Aldy a également été membre du centre Resources for the Future, codirecteur du projet de la Harvard University sur les accords climatiques internationaux, codirecteur de l'International Energy Workshop et a fait partie de l'équipe du Council of Economic Advisers auprès du Président des États-Unis. Il a obtenu son doctorat en économie à la Harvard University, ainsi qu'un master en gestion environnementale et une licence à la Duke University.

Arild ANGELSEN est professeur d'économie à la Norwegian University of Life Sciences (NMBU) et associé principal du Centre de recherche forestière internationale (CIFOR) en Indonésie. Il a mené des études approfondies sur les causes de la déforestation tropicale et son interaction avec la pauvreté, les régimes fonciers et les politiques gouvernementales. Ses récents travaux portent sur la façon dont les efforts entrepris dans le cadre de la REDD+ peuvent être intégrés à un régime climatique mondial, sur les stratégies et les politiques nationales nécessaires pour atteindre les objectifs de la REDD+ et sur les expériences locales. Il a rédigé trois livres sur la REDD+ : *Moving Ahead*

with REDD: Issues, Option and Implication (2008), *Realising REDD+: National Strategy and Policy Options* (2009), et *Analysing REDD: Challenges and Choices* (2012), et a fait partie de plusieurs comités d'experts. Ses travaux portent également sur le revenu environnemental et sur l'économie expérimentale.

Scott BARRETT est professeur d'économie des ressources naturelles au Lenfest-Earth Institute de la Columbia University (New York) et enseigne parfois à la School of International and Public Affairs et à l'Earth Institute. Par le passé, il a enseigné à la London Business School, puis à la School of Advanced International Studies de la Johns Hopkins University (Washington DC). Il a également été professeur invité de Princeton, Yale et de l'université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Il est l'auteur de *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making* et *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*, tous deux publiés par Oxford University Press. Il a obtenu son doctorat en économie à la London School of Economics.

Shikha BHASIN est chercheuse au sein de l'équipe sur les études politiques de l'Energy research Centre of the Netherlands (ECN). Elle est spécialisée dans les politiques internationales d'atténuation du changement climatique, les systèmes d'innovation bas carbone et la coopération technologique internationale. Elle est titulaire d'un master en politique internationale de la London School of Economics and Political Science (LSE), avec une spécialisation en économie politique internationale des négociations environnementales. Avant de rejoindre l'ECN en 2014, Shikha Bhasin a travaillé auprès de l'Institut allemand pour le développement sur un projet de recherche multipays portant sur les technologies sobres en carbone et a écrit plusieurs articles sur les questions de politiques technologiques, d'innovation et de coopération.

Anthony G. BIGIO est professeur adjoint du programme de master sur la planification urbaine durable de la George Washington University et conseiller en urbanisme avec plus de 30 années d'expérience internationale. Il est retraité de la Banque mondiale depuis 2013, après 20 ans de participation à des projets de développement urbain portant sur les villes et le changement climatique, la résilience urbaine, la gestion de l'environnement urbain, l'observation de la Terre pour le développement, les logements à bas prix, la réduction de la pauvreté urbaine et le patrimoine culturel urbain. Il a été l'un des auteurs principaux du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC pour le chapitre portant sur les établissements humains, les infrastructures et l'aménagement de l'espace, ainsi qu'examinateur technique du chapitre sur les impacts du changement climatique sur le milieu urbain. Il est également conseiller en croissance verte pour The Growth Dialogue, un programme de politiques de la GW Business School, et membre des comités consultatifs de l'Urban Climate Change Research Network (UCCRN) basé à New York et du projet de recherche POCACITO (Post-Carbon Cities of Tomorrow), financé par l'UE. Il prodigue des conseils et des cours dans le monde entier sur la résilience

urbaine et la croissance urbaine verte et a publié de nombreux travaux sur le développement urbain, le changement climatique et le patrimoine culturel urbain.

Daniel BODANSKY est professeur fondateur du Sandra Day O'Connor College of Law de l'université de l'État d'Arizona. Il a occupé le poste de coordinateur du changement climatique au département d'État américain de 1999 à 2001 et a également été l'auteur de *The Art and Craft of International Law*, ainsi que corédacteur de l'*Oxford Handbook of International Environmental Law*.

Valentina BOSETTI est professeur agrégé à la Bocconi University et chercheuse à la Fondation Eni Enrico Mattei, toutes deux situées à Milan (Italie). Elle a également été professeur invité à l'université de Princeton et membre du Center for Advanced Studies in Behavioral Sciences de Stanford. Elle a fait partie des principaux auteurs du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC et a publié plusieurs ouvrages sur l'évolution technique des technologies énergétiques, les modèles d'évaluation intégrée et les politiques de changement climatique. Elle a bénéficié de deux programmes européens de subventions pour la recherche.

Barbara BUCHNER est directrice principale de la Climate Policy Initiative (CPI), dont elle dirige le programme mondial de financement de la lutte contre le changement climatique ainsi que les recherches et les opérations du bureau européen. En 2014, Barbara Buchner a été nommée parmi les 20 femmes les plus influentes dans la lutte contre le changement climatique. Elle dirige les travaux de la CPI dans son rôle de secrétariat du Global Innovation Lab for Climate Finance, une initiative de partenariat public-privé qui identifie les instruments de financement de la lutte contre le changement climatique ayant le potentiel de développer les investissements à grande échelle. Elle est l'auteure principale des analyses *Global Landscape of Climate Finance* de la CPI, qui ont servi de référence au chapitre sur le financement du changement climatique présenté dans le rapport du Groupe de travail III du GIEC de 2014. Elle est titulaire d'un doctorat en économie de l'université de Graz (Autriche) et a été professeur invité du Massachusetts Institute of Technology.

Dallas BURTRAW est membre éminent Darius Gaskins du centre de recherche Resources for the Future. Dallas Burtraw a œuvré à l'élaboration d'un contrôle plus efficace et plus rationnel sur le plan politique de la pollution atmosphérique engendrée par le secteur de l'électricité, et a rédigé de nombreux travaux sur la déréglementation de l'industrie électrique et ses résultats sur l'environnement. Il s'est penché en particulier sur l'ensemble des approches fondées sur des mesures incitatives visant à établir un prix officiel applicable à l'environnement. En outre, il a récemment évalué les effets de répartition de la tarification du carbone aux États-Unis. Ses recherches ont également porté sur les coûts et les avantages de la réglementation. Dallas Burtraw a évalué les possibilités

d'améliorer l'efficacité dans le secteur de la production d'électricité en réglant les gaz à effet de serre grâce au Clean Air Act. Il a étudié le rôle des interactions politiques, dont les efforts infranationaux au sein d'un système fédéraliste, et a prodigué des conseils techniques pour la conception des programmes infranationaux de plafonnement et d'échange des droits d'émission aux États-Unis. Il est titulaire d'un doctorat en économie et d'un master en politiques publiques de l'université du Michigan.

Carlo CARRARO est professeur en économie environnementale et en économétrie à la Università Ca' Foscari de Venise (Italie), dont il a été président de 2009 à 2014 et directeur du département d'économie de 2005 à 2008. En 2008, il a été élu vice-président du Groupe de travail III et membre du Bureau du GIEC, lauréat du prix Nobel. Il occupe actuellement les postes de directeur du programme sur le changement climatique et le développement durable de la Fondation Eni Enrico Mattei et directeur de l'International Centre for Climate Governance. Par ailleurs, il est coprésident du Comité consultatif de la Green Growth Knowledge Platform, ainsi qu'auteur de la revue *Review of Environmental Economics and Policy*, la plus importante revue internationale en la matière. Il est titulaire d'un doctorat de l'université de Princeton.

Paul COLLIER est professeur d'économie et de politiques publiques à la Blavatnik School of Government de l'université d'Oxford, codirecteur de l'International Growth Centre et professeur invité à l'Institut d'Études Politiques de Paris. Il est spécialisé dans l'économie du continent africain. Il a fondé et dirige actuellement le Centre for the Study of African Economies. Parmi ses nombreux ouvrages, *The Plundered Planet: How to Reconcile the Environment and Prosperity* (Oxford University Press, 2010) traite des tensions entre la lutte contre le changement climatique et les objectifs de développement des pays pauvres.

Heleen de CONINCK est professeur agrégé d'études sur l'innovation au sein du département des sciences de l'environnement de la faculté des sciences de la Radboud University. Avant de rejoindre la Radboud University en 2012, elle a travaillé plus de dix ans dans le département des études politiques de l'Energy research Centre of the Netherlands (ECN). Son principal domaine de travail est l'atténuation du changement climatique et l'analyse des politiques, en particulier celles portant sur les technologies sobres en carbone, l'innovation et les questions de développement à l'échelle internationale. Heleen de Coninck occupe actuellement la présidence de Climate Strategies, un réseau de recherche sur les politiques climatiques qui œuvre à améliorer la relation entre la recherche sur les politiques climatiques et les négociations au niveau de l'Europe et des Nations Unies. Elle est titulaire de masters en chimie et en sciences environnementales (2001) et a effectué son doctorat sur la technologie au sein du régime climatique international à la VU University d'Amsterdam (2009), en collaboration avec l'université de Princeton et l'ECN.

Jaime de MELO, professeur émérite de l'université de Genève, est directeur scientifique de la Ferdi, professeur invité du Bologna Center de la Johns Hopkins University, et chercheur invité au sein de l'institution Brookings. Il a travaillé pour l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) de 1972 à 1976, a enseigné à la Georgetown University de 1976 à 1980, puis à l'université de Genève de 1993 à 2012. Entre 1980 et 1993, il a occupé divers postes au sein du département de recherche de la Banque mondiale. Il siège à plusieurs comités de rédaction et a été rédacteur en chef de la *World Bank Economic Review* de 2005 à 2010.

Ottmar EDENHOFER est directeur adjoint et économiste en chef du Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) et professeur d'économie du changement climatique à la Technische Universität Berlin. En outre, il est directeur du Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC), ainsi que conseiller auprès de la Banque mondiale sur les questions de croissance économique et de protection du climat. Coprésident de la plate-forme énergétique du European Council of Academies of Applied Sciences, Technologies and Engineering (Euro-CASE), il est également membre de la National Academy of Science and Engineering (acatech), de la Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft et du groupe sur le climat, l'énergie et l'environnement de la Leopoldina nationale Akademie der Wissenschaften. Les recherches d'Ottmar Edenhofer portent sur la conception des instruments des politiques climatiques et énergétiques, sur les scénarios à long terme des systèmes climatiques et énergétiques, sur l'impact de l'évolution technologique sur les coûts et les stratégies d'atténuation, ainsi que sur l'interface science-politique.

Teng FEI est professeur agrégé de l'Institute of Energy, Environment and Economy de la Tsinghua University (Beijing, Chine). Depuis 2007, il est conseiller de la délégation chinoise dans les négociations sur le climat. Il est également auteur principal du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC. En 2014, il a présidé le Groupe consultatif d'experts constitué par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) dans le but d'aider les pays en développement à préparer leur communication nationale auprès des Nations Unies. Ses domaines de recherche comprennent le régime climatique international, l'équité face au changement climatique et la modélisation de l'énergie.

Carolyn FISCHER est membre éminente de Resources for the Future (RFF), membre du programme Marie Skłodowska-Curie de la Commission européenne et membre invitée de la Fondation Eni Enrico Mattei (FEEM). Elle fait également partie du CESifo Forschungsnetzwerk et de l'Environment Canada Economics and Environmental Policy Research Network (EEPRN). Par le passé, elle a été professeur invité de l'université de Göteborg, membre Dahrendorf invité à la London School of Economics, membre éminente UCE3

à la University of California Santa Barbara, ainsi que membre du Center for Advanced Study de la Norwegian Academy of Science and Letters. En outre, elle a enseigné à la Johns Hopkins University, a été consultante auprès du Groupe de la Banque mondiale, ainsi qu'économiste au sein du Council of Economic Advisers. Elle a rejoint RFF en 1997 après avoir obtenu son doctorat en économie à l'université du Michigan (Ann Arbor). Elle a fait partie du conseil d'administration de l'Association européenne des économistes de l'environnement et des ressources (AERE) et siège actuellement au conseil de rédaction des revues *Review of Environmental Economics and Policy* et *International Review of Environmental and Resource Economics*.

Brian FLANNERY est membre du centre Resources for the Future. Il a pris sa retraite d'Exxon Mobil Corporation où il occupait le poste de Responsable des sciences, de la stratégie et des programmes. Il a fait partie des auteurs principaux du Groupe de travail III du GIEC (RE3 et RE4), a été vice-président de la Commission Environnement et énergie de la Chambre de commerce internationale et coprésident du Comité international de l'énergie de l'United States Council for International Business. Il a par ailleurs intégré de nombreux groupes consultatifs, dont celui de la Stanford Engineering School, du Comité scientifique de l'OTAN, du département de l'Énergie des États-Unis et de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Il a participé à la création du Joint Program on the Science and Policy of Global Change du MIT et du Global Climate and Energy Project de l'université de Stanford. Dr Flannery est titulaire d'un diplôme en astrophysique obtenu à l'université de Princeton et à la University of California Santa Cruz. Il a effectué des travaux de recherche au sein de l'Institute for Advanced Study et a enseigné à Harvard University. Il est coauteur de la référence largement utilisée *Numerical Recipes: the Art of Scientific Computing*.

Roger GUESNERIE est l'ancien titulaire de la Chaire « Théorie économique et organisation sociale » au Collège de France et actuellement président du conseil d'administration de l'École d'économie de Paris. Il a enseigné dans de nombreux établissements en France (École des hautes études en sciences sociales ou EHESS) et ailleurs (par exemple, à la London School of Economics). Ses préoccupations intellectuelles comprennent aussi bien l'économie publique que l'équilibre général, la théorie des mécanismes ou la coordination des anticipations. Il a participé à la rédaction de six ouvrages sur les politiques climatiques, notamment un rapport remis au Premier ministre français (2003), un livre publié en 2005 par la MIT Press et coécrit avec H. Tulkens, ainsi qu'un ouvrage de vulgarisation écrit en collaboration avec N. Stern en 2012. Roger Guesnerie a siégé au conseil éditorial de plusieurs journaux influents et a notamment pris part à la rédaction d'*Econometrica* de 1984 à 1989. Il a occupé le poste de président de plusieurs sociétés éducatives, dont l'European Economic Association en 1994 et l'Econometric Society en 1996. Il s'est vu remettre la Médaille d'argent du CNRS en 1993. Il est membre honoraire

étranger de l'American Economic Association depuis 1997, ainsi que membre de l'American Academy of Arts and Sciences depuis 2000.

Patrick GUILLAUMONT, président de la Fondation pour les études et recherches sur le développement international (Ferdi), est professeur émérite de l'université d'Auvergne et directeur et fondateur de la *Revue d'économie du développement*. Il est également membre du European Development Research Network (EUDN) et du Center for Studies on African Economies (CSAE) d'Oxford.

Stéphane HALLEGATE est membre du bureau de l'économiste en chef du Climate Change Group de la Banque mondiale, Marianne Fay. Le bureau compte également Mook Bangalore, Laura Bonzanigo, Tamaro Kane, Ulf Narloch, Julie Rozenberg, David Tréguer et Adrien Vogt-Schilb. L'équipe dirige actuellement un programme de travail sur la pauvreté et le changement climatique et a contribué à cet ouvrage en s'appuyant sur ses résultats préliminaires. Le rapport final de ce programme sera publié en novembre 2015.

Jean-Charles HOURCADE est directeur de recherche au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et est ancien directeur du CIRED (1987-2012). Spécialiste reconnu pour ses travaux durant les vingt dernières années sur la modélisation économique du changement climatique et sur les questions énergétiques, il a publié de nombreuses fois sur le sujet et à coordonner de nombreux projets de recherches européens. Il est le coordinateur scientifique du réseau de recherche français R2DS dédié aux problématiques de développement durable. Au niveau international il est impliqué dans de nombreux réseaux de recherche, expert pour de nombreuses agences internationales pour l'énergie et l'environnement (OCDE, UNEP, WB, IEA, UNESCO) et a participé activement à l'équipe de négociations françaises entre la COP1 et la COP6. Il a également été auteur coordinateur de différents chapitres des rapports du groupe III du GIEC. Enfin il est membre du comité de direction du LCS-RNet et le préside depuis 2011.

Susanne KADNER est directrice adjointe et directrice du département des sciences de l'unité d'appui technique du Groupe de travail III au sein du GIEC. Elle a dirigé la contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC, *Mitigation of Climate Change*, et a coordonné la préparation du *Rapport spécial du GIEC sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique*. Avant de rejoindre le GIEC, Susanne Kadner a travaillé plusieurs années comme analyste de la recherche et conseillère en politique scientifique, notamment pour le German Advisory Council on Global Change (WBGU – Allemagne) et le Parliamentary Office of Science and Technology de Londres. Elle est titulaire d'un doctorat en sciences de l'environnement de la University of East Anglia (Royaume-Uni). Susanne est rédactrice et auteure de plusieurs rapports et livres traitant des nombreux as-

pects du changement climatique, à savoir les éléments scientifiques, les répercussions et les perspectives d'adaptation, ainsi que les stratégies d'atténuation possibles.

Alice Akinyi KAUDIA est Secrétaire chargée de l'environnement auprès du ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles du Kenya. Elle est titulaire d'un doctorat en vulgarisation forestière et mise en valeur des forêts de la University of East Anglia (Royaume-Uni), ainsi que d'une licence en sciences avec spécialisation en agriculture (avec mention) de l'université de Nairobi. Elle a été consultante auprès de nombreux organismes nationaux et internationaux de gestion de l'environnement et des ressources naturelles, dont la FAO, l'ICRAF, CARE-Kenya/Somalie et l'African Academy of Sciences. Alice Kaudia est également chercheuse émérite invitée à l'African Centre for Technology Studies. Ses domaines de recherche comprennent les problématiques hommes-femmes dans la gestion de l'environnement et des ressources naturelles, la restauration des paysages, le changement climatique et l'économie verte.

Robert O. KEOHANE est professeur d'affaires publiques et internationales à la Woodrow Wilson School de l'université de Princeton. Il a été rédacteur de la revue *International Organization* et président de l'Association des études internationales et de l'*American Political Science Association*. Il est membre de l'*American Academy of Arts and Sciences*, de l'*American Academy of Political and Social Science*, de l'*American Philosophical Society* et de la *National Academy of Sciences*, ainsi qu'un académicien correspondant de la *British Academy*. On compte parmi ses publications *Power and Interdependence* (en collaboration avec Joseph S. Nye, Jr., initialement publié en 1977), *After Hegemony: Cooperation and Discord in the World Political Economy* (1984), *Designing Social Inquiry* (en collaboration avec Gary King et Sidney Verba, 1994) et *Power and Governance in a Partially Globalized World* (2002). Ses récents travaux portent sur une multitude de sujets connexes, dont le multilatéralisme, le changement climatique et l'antiaméricanisme.

Gunnar KÖHLIN est professeur agrégé en économie de l'environnement et directeur de l'initiative *Environment for Development*, un réseau mondial de centres spécialisés dans l'économie de l'environnement. En tant que cofondateur de l'*Environmental Economics Unit*, il travaille depuis 25 ans à l'application de l'économie de l'environnement dans les pays en développement et a développé un programme de doctorat en économie de l'environnement et du développement. Gunnar Köhlin a publié plus de 20 publications à comité de lecture. Il est également l'auteur de la série de livres *Environment for Development* publiée par Routledge. Ses travaux de recherche portent sur les ressources naturelles dans les pays en développement. Du point de vue méthodologique, il se concentre sur les techniques d'évaluation non marchande, les modèles de production des ménages et l'examen général de la documen-

tation existante. À l'heure actuelle, ses recherches portent sur la gestion des ressources naturelles durables en Afrique, en particulier sur les institutions favorisant une plus grande coopération en matière de gestion.

Matthew J. KOTCHEN est professeur d'économie à la Yale University et ad-joint de recherche au National Bureau of Economic Research (NBER). Ses domaines de recherche allient les politiques et l'économie publiques et environnementales. Le professeur Kotchen a récemment occupé le poste de sous-secrétaire d'État adjoint à l'environnement et à l'énergie du département du Trésor des États-Unis (Washington DC). L'une de ses prérogatives à ce poste a été d'œuvrer à l'élaboration du Climate Action Plan du Président Obama et de représenter les États-Unis aux conseils de direction du Fonds d'investissement pour le climat, du Fonds pour l'environnement mondial et du Fonds vert pour le climat, ainsi que le département du Trésor lors des négociations sur le climat et des efforts de financement de la protection de l'environnement et de l'efficacité énergétique, dans le cadre du G20. Matthew Kotchen a également siégé au Conseil consultatif pour les questions scientifiques de l'Environmental Protection Agency des États-Unis et a été économiste en chef invité de l'Environmental Defense Fund (EDF).

Emanuele MASSETTI est professeur associé à la School of Public Policy du Georgia Institute of Technology, affilié au réseau de recherche CESifo Forschungsnetzwerk, et chercheur affilié à la Fondation Eni Enrico Mattei (FEEM) et au Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC). Avant de rejoindre Georgia Tech, il a travaillé comme chercheur à la FEEM pendant environ dix ans. Il est titulaire d'un doctorat en économie de l'université catholique de Milan et a effectué un stage postdoctoral de 2011 à 2013 à la Yale School of Forestry and Environmental Studies. Ses domaines de recherche portent sur un vaste éventail de sujets liés à l'économie des politiques d'atténuation du changement climatique et de ses mesures d'adaptation. Emanuele Massetti a travaillé comme consultant auprès du PNUD, de l'OCDE et de la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD). Entre 2011 et 2014, il a été auteur principal du rapport du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC.

Petros C. MAVROIDIS est professeur de droit Edwin B. Parker à la Columbia Law School et professeur de droit à l'université de Neuchâtel. Il a été rédacteur en chef du projet « Principles of International Trade: the WTO » de l'American Law Institute.

Alemu MEKONNEN est professeur agrégé d'économie à l'université d'Addis-Abeba et chercheur principal à l'Environment and Climate Research Center de l'Ethiopian Development Research Institute. Il possède une solide expérience dans l'enseignement, la recherche et le conseil, particulièrement en Éthiopie et en Afrique en général. Ses domaines de recherche comprennent l'énergie

et la foresterie, le changement climatique et la gestion durable des terres. Il donne des cours sur l'économie et la microéconomie de l'environnement et des ressources naturelles. Il a publié plusieurs articles dans des revues et des livres de renom.

Juan MORENO-CRUZ est professeur associé à la School of Economics du Georgia Institute of Technology. Il est titulaire d'un doctorat en économie de l'université de Calgary et d'une licence et d'un master en génie électrique de l'Universidad de los Andes (Bogota, Colombie). Les recherches de Juan Moreno-Cruz se concentrent sur le rôle de la technologie dans les politiques climatiques et énergétiques. Il a étudié comment la géo-ingénierie solaire influence sur l'interaction stratégique entre les nations, le transfert interrégional et intergénérationnel des risques liés à ces technologies et l'utilisation de la géo-ingénierie du carbone et solaire dans le cadre d'un dosage de mesures optimal. Les travaux de Juan Moreno-Cruz se situent à l'intersection entre la théorie appliquée et la politique publique.

Jan Christoph MINX, titulaire d'un doctorat, est directeur du Groupe de travail Applied Sustainability Science du Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) et professeur de politique scientifique et de développement durable à la Hertie School of Governance. Il adopte une approche de recherche interdisciplinaire pour aborder les problématiques de l'énergie, du changement climatique et du développement durable appliquées aux villes et aux infrastructures, aux réseaux d'approvisionnement mondiaux, ainsi qu'aux processus passés et futurs de transformation des sociétés et de leur gouvernance. Directeur de l'unité d'appui technique du Groupe de travail III du GIEC, il a coordonné la contribution du Groupe de travail au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC publié en 2013/2014. Jan Christoph Minx a participé à la rédaction d'articles dans un grand nombre de revues scientifiques, dont *Science*, *Nature Climate Change* ou *Proceedings of the National Academy of Sciences*, et est membre du comité de rédaction du *Economic Systems Research*.

Maja MURISIC travaille pour le Partnership for Market Readiness (PMR) de la Banque mondiale. Depuis qu'elle a rejoint la Banque mondiale en 2010, Maja Murisic a contribué à un grand nombre de programmes d'assistance technique dans les domaines du développement sobre en carbone, de l'efficacité énergétique et de la résilience face au changement climatique, en particulier dans la région Europe et Asie centrale. Elle est titulaire d'un master en relations internationales et en économie de la School of Advanced International Studies (SAIS) de la Johns Hopkins University et d'une licence en relations internationales de l'université de Belgrade.

Michael OPPENHEIMER est professeur Albert G. Milbank de géosciences et d'affaires internationales à l'université de Princeton et y dirige le Program in Science, Technology and Environmental Policy (STEP). Il a rejoint la faculté

de Princeton en 2002, après plus de 20 ans passés au sein de l'Environmental Defense Fund, où il a travaillé comme chercheur en chef et a dirigé le Climate and Air Program. Avant cela, il a exercé comme astrophysicien, spécialisé en physique atomique et moléculaire, au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Michael Oppenheimer est un participant de longue date au GIEC, qui a reçu le prix Nobel de la paix en 2007, et a assumé le rôle d'auteur coordonnateur principal lors de la rédaction du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC. Il est corédacteur de la revue *Climatic Change*. Il siège au Board on Energy and Environmental Systems des National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (États-Unis) et au New York Panel on Climate Change, et occupe le poste de conseiller scientifique au sein de l'Environmental Defense Fund. Ses travaux de recherche se concentrent sur les dimensions scientifiques et politiques du changement climatique et de ses effets.

William A. PIZER est professeur à la Sanford School et membre universitaire du Nicholas Institute, tous deux au sein de la Duke University. Il est également attaché universitaire de Resources for the Future, adjoint de recherche au National Bureau of Economic Research et membre invité du Center for Global Development. Entre 2008 et 2011, il a occupé le poste de sous-secrétaire adjoint chargé de l'environnement et de l'énergie du département du Trésor, supervisant le rôle du Trésor dans le programme d'action national et international des États-Unis pour l'environnement et l'énergie. Avant cette date, il a fait partie de l'équipe de chercheurs de Resources for the Future pendant plus de dix ans. Il a également été économiste en chef du Council of Economic Advisers auprès du Président des États-Unis, de 2001 à 2002. Il a rédigé plus de trente livres, articles et publications à comité de lecture. Il est titulaire d'un doctorat et d'un master en économie de la Harvard University et d'une licence en physique de la University of North Carolina at Chapel Hill.

Bryce RUDYK est professeur auxiliaire et directeur des programmes sur le climat du Guarini Center on Environmental, Energy and Land Use Law de la New York University School of Law. Depuis 2014, il occupe le poste de conseiller juridique principal auprès du Président de l'Alliance des petits États insulaires (AOSIS), qui représente 44 pays dans les négociations de la CCNUCC. Il a rejoint la New York University en 2009, après avoir pratiqué le droit privé et des activités de lobbying. Il enseigne dans le domaine du droit international de l'environnement, de la gouvernance mondiale et du changement climatique. Ses recherches se concentrent sur les institutions environnementales mondiales et le changement climatique.

Eswaran SOMANATHAN est directeur exécutif du South Asian Network for Development and Environmental Economics (SANDEE) et professeur au sein du département d'économie et de planification de l'Indian Statistical Institute (Delhi, Inde). Il est actuellement membre Gilbert White de Resources For the Future. Il a été auteur coordonnateur principal du Groupe de travail III

au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC et est rédacteur de la revue *Environment and Development Economics*, publiée par Cambridge University Press. Ses travaux de recherche portent sur le développement et l'économie de l'environnement, dont les ressources de propriété commune, les effets du changement climatique et les politiques climatiques.

Robert N. STAVINS est professeur Albert Pratt des entreprises et des pouvoirs publics à la Harvard Kennedy School. Il est également directeur du Harvard Environmental Economics Program et du Harvard Project on Climate Agreements. Il est attaché universitaire de Resources for the Future, adjoint de recherche au National Bureau of Economic Research, membre élu de l'Association européenne des économistes de l'environnement et des ressources (AERE), membre du comité de direction de Resources for the Future et rédacteur de la revue *Journal of Wine Economics*. Il a présidé l'Environmental Economics Advisory Board de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Il a été auteur principal des deuxième et troisième Rapports d'évaluation du GIEC et auteur coordonnateur principal du cinquième Rapport d'évaluation. Ses recherches ont couvert plusieurs domaines liés à l'économie et aux politiques de l'environnement et ont figuré dans plus d'une centaine d'articles de revues académiques et de périodiques populaires, ainsi que dans une dizaine de livres. Il est titulaire d'une licence en philosophie de la Northwestern University, d'un master en économie agricole de la Cornell University et d'un doctorat en économie de la Harvard University.

Christoph VON STECHOW est chercheur doctorant au sein du Groupe de travail Applied Sustainability Science du Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) et scientifique invité au Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). Ses recherches se concentrent sur l'interface science-politique des politiques climatiques et énergétiques, les effets connexes des stratégies d'atténuation alternatives sur les objectifs de développement durable et l'analyse des instruments politiques d'innovation en matière d'énergies sobres en carbone, telles que le captage et le stockage du carbone (CSC) et la bioénergie. Christoph von Stechow a étudié l'histoire et l'économie, est titulaire d'un diplôme en économie de la Humboldt-Universität de Berlin et d'un master en études européennes du King's College London. En tant que scientifique faisant partie de l'unité d'appui technique du Groupe de travail III du GIEC, il a participé à la coordination des procédés d'évaluation du cinquième Rapport d'évaluation et du *Rapport spécial du GIEC sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique*.

Thomas STERNER est professeur d'économie de l'environnement et ses travaux sont axés sur la conception des instruments politiques permettant de résoudre les problèmes liés à l'environnement et aux ressources. Il a créé l'Environmental Economics Unit, un pôle européen sur l'économie de l'environnement qui offre un programme de doctorat unique sur l'économie climatique à

des étudiants de pays en développement. Thomas Sterner a publié plus d'une dizaine de livres et une centaine d'articles dans des revues à comité de lecture, principalement sur les instruments de politique environnementale appliqués à l'économie de l'énergie, du climat, de l'industrie et des transports et à la gestion des ressources dans les pays en développement. Il a reçu le prix Myrdal, a été président de l'Association européenne des économistes de l'environnement et des ressources (AERE) et rédacteur adjoint de la revue *Environmental and Resource Economics*. Il est membre et chercheur au sein de Resources for the Future, The Beijer Institute et Statistics Norway. Il a fondé, en collaboration avec Gunnar Köhlin, l'initiative Environment for Development, un réseau mondial de centres spécialisés dans l'économie de l'environnement. En 2012 et 2013, il a occupé le poste d'économiste en chef invité de l'Environmental Defense Fund de New York. Il a récemment été élu professeur invité au Collège de France pour l'année scolaire 2015/2016.

Richard B. STEWART est professeur universitaire et professeur John E. Sexton de droit à la New York University School of Law. Spécialiste en droit de l'environnement, droit réglementaire et droit administratif, il a occupé le poste de procureur général adjoint chargé de la Division des ressources naturelles et de l'environnement du département de la Justice américain et a été président de l'Environmental Defense Fund, ainsi que membre du corps professoral de la Harvard Law School. Ses actuels projets de recherche portent sur des accords internationaux « méga-régionaux » relatifs à la réglementation, aux échanges et à l'investissement ; sur le recours au droit pour réformer et garantir la justice dans la gouvernance mondiale ; sur la réglementation privée et hybride mondiale ; sur les stratégies institutionnelles innovantes visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre ; et sur la résolution du problème des déchets nucléaires. Richard B. Stewart travaille également sur les initiatives mondiales en matière de législation sur le climat, sur la réforme du secteur de l'électricité et sur des projets de réforme des lois environnementales dans les pays en développement, à travers l'International Environmental Law Clinic et le Guarini Center on Environmental, Energy, and Land Use Law.

Thomas F. STOCKER a obtenu un doctorat en sciences naturelles à l'ETH Zurich en 1987. Il a occupé plusieurs postes de recherche à la University College London, l'Université McGill (Montréal), la Columbia University (New York) et l'université d'Hawaï (Honolulu). Depuis 1993, il est professeur de physique du climat et de l'environnement à l'université de Berne. Entre 2008 et 2015, il a coprésidé le Groupe de travail I du GIEC. Thomas Stocker a coécrit plus de 200 publications et est titulaire d'un doctorat *honoris causa* de l'université de Versailles. Il est par ailleurs membre de l'American Geophysical Union et membre étranger de l'Accademia Nazionale dei Lincei.

Massimo TAVONI a été membre du Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences (CASBS) de l'université de Stanford au cours de l'année

2014/2015 et professeur agrégé du département de gestion de la Politecnico di Milano (Italie). Il est également directeur adjoint du programme sur le changement climatique de la Fondation Eni Enrico Mattei (FEEM). Ses recherches portent sur la modélisation des politiques d'atténuation du changement climatique. Il a été auteur principal du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC, codirecteur de l'International Energy Workshop et rédacteur en chef adjoint de la revue *Climatic Change*.

Michael TOMAN fait partie des principaux économistes du Development Research Group de la Banque mondiale et est responsable de l'équipe Énergie et environnement. Ses domaines de recherche actuels englobent le lien entre énergie et pauvreté, les mécanismes permettant d'atteindre une croissance écologiquement durable, dont l'atténuation des gaz à effet de serre, et la restructuration du secteur de l'électricité. Avant de rejoindre la Banque mondiale, Michael Toman a occupé des postes de direction et d'analyste au sein de RAND Corporation, de la Banque interaméricaine de développement et de Resources for the Future. Il a également été économiste en chef du Council of Economic Advisers auprès du Président des États-Unis, de 1994 à 1996. Il est titulaire d'un doctorat en économie de l'université de Rochester.

David G. VICTOR est professeur à la School of Global Policy and Strategy de la University of California – San Diego (UCSD). Il dirige l'International Law and Regulation Laboratory qui étudie pourquoi certaines lois internationales sont particulièrement efficaces tandis que d'autres échouent. Avant d'intégrer l'UCSD, il occupait le poste de directeur du Program on Energy and Sustainable Development de l'université de Stanford et enseignait également au sein de la Stanford Law School. Il a par ailleurs dirigé le programme des sciences et technologies du Council on Foreign Relations (CFR) de New York et son groupe de travail sur la sécurité énergétique. Ses recherches ont couvert un large éventail de sujets liés à la réglementation internationale en matière d'environnement, aux marchés de l'énergie et aux législations internationales. On compte parmi ses livres : *Global Warming Gridlock* (Cambridge University Press, mai 2011), *Natural Gas and Geopolitics* (Cambridge University Press, juillet 2006), *The Collapse of the Kyoto Protocol and the Struggle to Slow Global Warming* (Princeton University Press, avril 2001 ; deuxième édition en juillet 2004) et *Technological Innovation and Economic Performance* (Princeton University Press, janvier 2002).

Xueman WANG est chef d'équipe du Partnership for Market Readiness (PMR) de la Banque mondiale. Avant de rejoindre la Banque mondiale, elle a participé à l'élaboration de la Convention sur la diversité biologique du Programme des Nations Unies pour l'environnement à Montréal (Canada), et a travaillé plus particulièrement sur le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques ainsi que sur les thèmes des échanges commerciaux et de l'environnement. Xueman Wang a également œuvré au sein du secrétariat de

la CCNUCC situé à Bonn (Allemagne), où elle était chargée des négociations sur le Protocole de Kyoto et de son régime d'observance, ainsi qu'auprès du département des traités et des lois du ministère des Affaires étrangères chinois, en tant que négociatrice en chef pour la CCNUCC et d'autres traités environnementaux. Elle est titulaire d'un master en droit de l'université de Wu Han (Chine) et de la Fletcher School of Law and Diplomacy de la Tufts University.

Jonathan B. WIENER est professeur Perkins de droit, de politique environnementale et de politique publique à la Duke University et attaché universitaire du centre de recherche Resources for the Future (RFF). Il a présidé la Society for Risk Analysis (SRA) en 2008 et coprésidé le World Congress on Risk en 2012. Il est membre du comité scientifique de l'International Risk Governance Council (IRGC) et a été professeur invité de la Harvard University, l'université de Chicago, l'université Paris-Dauphine, l'université Paris-Ouest Nanterre, Sciences Po et l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) de Paris. Il a coécrit le chapitre 13 de la contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC intitulé « International Cooperation » (2014). On compte parmi ses publications les livres *Risk vs. Risk* (1995), *Reconstructing Climate Policy* (2003), *The Reality of Precaution: Comparing Risk Regulation in the US and Europe* (2011) et *Policy Shock* (à paraître). Avant de rejoindre la Duke University en 1994, il a travaillé à la Division des ressources naturelles et de l'environnement du département de la Justice des États-Unis, à l'Office of Science and Technology Policy de la Maison Blanche, ainsi qu'au sein du Council of Economic Advisers de la Maison Blanche, où il a participé à l'élaboration du premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990), a contribué aux négociations de la CCNUCC (1990-1992) et a aidé à la rédaction du décret 12866 sur l'examen réglementaire (1993). Il a par ailleurs occupé le poste d'assistant de justice auprès des juges fédéraux Stephen G. Breyer (1988-1989) et Jack B. Weinstein (1987-1988). Il a obtenu son titre de docteur en droit en 1987 et sa licence en économie en 1984 à la Harvard University.

Jane WILKINSON est experte en occupation des sols et en financement de la lutte contre le changement climatique et conseille notamment les dirigeants du ministère des Finances indonésien, du groupe Unilever et des gouvernements du G7. Elle a rejoint la Climate Policy Initiative (CPI) en 2012, où elle a joué depuis un rôle essentiel dans l'élaboration des programmes portant sur l'occupation des sols et le financement de la lutte contre le changement climatique. Elle a fondé le programme pour l'Indonésie en 2012 et a fait figure de principale collaboratrice pour de nombreux rapports de la CPI, dont le *Global Landscape of Climate Finance*, le *Landscape of Public Climate Finance in Indonesia* et le *Background Report on Long-Term Climate Finance préparé pour le G7*. Avant de rejoindre la CPI, Jane Wilkinson était diplomate de carrière pour le gouvernement australien. Elle est titulaire d'une licence en droit de la Monash University.

Mitsutsune YAMAGUCHI est économiste de l'environnement et conseiller spécial auprès du Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE). Il a été professeur à la Keio University (Japon) et professeur invité à l'université de Tokyo jusqu'au 31 mars 2015. Il a également été membre de plusieurs comités gouvernementaux sur le changement climatique et est aujourd'hui vice-président du Groupe de travail conjoint sur les échanges et l'environnement de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Par ailleurs, il a contribué comme auteur principal à l'élaboration des rapports du Groupe de travail III aux troisième, quatrième et cinquième Rapports d'évaluation du GIEC. Il a publié de nombreux livres et articles, dont *Climate Change Mitigation, A Balanced Approach to Climate Change*, Londres, Springer, 2012 (rédacteur et coauteur). Il rédige également fréquemment des articles sur le changement climatique pour de grands journaux japonais.

VERS UNE POLITIQUE DU CLIMAT RÉALISTE ET EFFICACE

« Le changement climatique est à la fois une menace sans précédent pour le développement et une occasion pour les pays de collaborer en vue de transformer durablement le système énergétique mondial. Les bases d'une action collective étant jetées par la Conférence de Paris, le suivi sera crucial. Ce livre est particulièrement bienvenu pour indiquer comment construire sur ces bases. »

Kofi A. Annan, président de la fondation Kofi Annan,
7^e secrétaire général des Nations Unies (1997-2006)

« Cet ouvrage donne un regard rigoureux, lucide et approfondi sur les défis sans précédent auxquels le monde doit faire face afin de répondre au risque climatique en tant que communauté mondiale, mais aussi sur les politiques efficaces et réalisables pour atteindre cet objectif. »

François Bourguignon
Professeur à Paris School of Economics
et ancien économiste en chef de la Banque Mondiale

« Cet ouvrage est une contribution importante à la réflexion sur les mesures à prendre et les situations difficiles auxquelles seront confrontés les décideurs politiques quand ils persisteront – comme ils se doivent de le faire – à lutter contre le changement climatique. Bravo pour le timing et le contenu de cet ouvrage ! »

Ernesto Zedillo Ponce de León
Ancien Président du Mexique et directeur du Centre d'études
sur la Globalisation à l'Université de Yale

*
* *

Sous la direction de **Scott Barrett**, *Lenfest-Professeur à The Earth Institute, Université de Columbia*, **Carlo Carraro**, *Professeur à l'Université Ca' Foscari de Venise, Coordinateur des programmes à la FEEM (Fondazione Eni Enrico Mattei)* et **Jaime de Melo**, *Directeur scientifique à la Ferdi et Professeur émérite à l'Université de Genève*.

En couverture : *Rizières à Bali*, peinture de Aude Guirauden

www.economica.fr



ISBN 978-2-7178-6858-6
29 €