HAL
open science

Repenser l'économie du changement climatique

Michel Damian

To cite this version:

Michel Damian. Repenser l'économie du changement climatique. Économie appliquée : archives de l'Institut de science économique appliquée, 2012, LXV (n° 2, " Questions pour Rio+20 "), pp.9-46. halshs-00709929

HAL Id: halshs-00709929

https://shs.hal.science/halshs-00709929

Submitted on 20 Jun 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉCONOMIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Repenser l'économie du changement climatique

Michel Damian

mai 2012

Cahier de recherche n° 10/2012

LEPII - EDDEN
BP 47 - 38040 Grenoble CEDEX 9 - France
1221 rue des Résidences - 38400 Saint Martin d'Hères
Tél.: + 33 (0)4 76 82 56 92 - Télécopie : + 33 (0)4 56 52 85 71
lepii@upmf-grenoble.fr - http://www.upmf-grenoble.fr/lepii

Repenser l'économie du changement climatique

Michel Damian*

L'article soutient que l'économie du changement climatique est à repenser. La manière dont on a posé le problème et recherché des solutions (coopération internationale « par le haut », permis CO2, taxe, prix du carbone) est présentée et discutée. Il est montré que la transition énergétique et industrielle qui se dessine témoigne d'un changement de paradigme par rapport à l'économie néoclassique de l'environnement qui a sous-tendu la politique climatique depuis la conférence de Rio en 1992. Sur le plan normatif, l'article défend l'idée que la seule taxation du CO2 envisageable est une taxe non pas Pigouvienne mais à la Marshall, c'est-à-dire une taxe dédiée, de financement, dont le montant ne pourrait être au départ que modeste.

Rethinking the economics of climate change

The paper makes a case for rethinking the economics of climate change. It questions the way the problem was conventionally framed and solved through top-down international cooperation and carbon emission permits, taxes and pricing. The paper argues that the on-going industrial and energy transition reflects a paradigmatic shift as compared to neoclassical environmental economics that has framed climate policy since the Rio conference in 1992. On a normative basis, the paper maintains that a carbon tax should not follow a Pigovian rationale. To be feasible such a tax should be of a Marshallian nature, i.e. earmarked, and rather modest at the beginning.

---

* EDDEN/CNRS, Université de Grenoble et Université de Djibouti
michel.damian@upmf-grenoble.fr

Merci à Bernard Gerbier pour ses remarques et propositions concernant Alfred Marshall, et à Jean-Christophe Graz pour son aide toujours précieuse.

La politique de lutte contre les changements climatiques a vingt ans. La construction de l'action, engagée à la suite de la première conférence sur le développement durable tenue à Rio de Janeiro en juin 1992, a reposé sur deux piliers : 1) un accord international pour préserver le bien collectif qu'est le climat, ainsi que pour répartir l'effort de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et, 2) une politique de prix pour modifier, à l'aide de taxes ou de systèmes de permis d'émissions négociables, les comportements des producteurs et des consommateurs en direction de technologies et de biens à teneur moindre en carbone. Ces deux piliers n'ont pas soutenu l'édifice comme attendu. La lutte contre les émissions de gaz à effet de serre est aujourd'hui infléchie en direction de politiques énergétiques et industrielles nationales, orientées du côté de la production, des technologies et des besoins (les NAMAs, les *Nationally appropriate mitigation actions*, dans le langage des négociations climatiques). A ce double titre – accord international *versus* politiques nationales, action par les prix *versus* action sur la production – l'économie du changement climatique est à repenser. On entend par là qu'il convient de reconsidérer l'étude de la politique conduite, ses fondements, sa colonne vertébrale. Pour cela, il est nécessaire de réexaminer les positions théoriques des économistes de l'effet de serre, les propositions instrumentales tirées de la boîte à outils standard, ainsi que les propositions diplomatiques pour un accord qui en ont résulté.

Dans sa leçon inaugurale au Collège de France, en 2001, Roger Guesnerie – qui a dirigé le premier rapport sur l'économie de l'effet de serre publié en 2003 par le Conseil d'analyse économique [Guesnerie R. (2003a)] –, souhaitait que le changement climatique soit un des grands sujets où devaient « s'éprouver les outils de l'analyse économique». En conclusion de sa leçon, pour conjurer le danger de méconnaître le propre fonctionnement de notre société, il insistait sur le besoin du « regard acide du savoir économique » [Guesnerie R. (2001), p. 814]. C'est un tel regard que nous proposons de porter sur la question climatique[1].

[1] L'enjeu d'un « regard acide » est à la fois académique, ainsi que de l'ordre des politiques scientifiques et des politiques publiques. Un large groupe de sociologues des sciences, d'économistes et de *think tanks*, mène depuis longtemps la controverse à l'encontre du point de vue dominant sur la politique climatique et l'économie de l'effet de serre, notamment : Gwy Prins, Steve Rayner, Mike Hulme, Roger Pielke Jr., Christopher Green, le Breakgthrough Institute (dont Ulrich Beck et Bruno Latour sont Senior Fellows), la Information Technology and Innovation Foundation (ITIF), le Hartwell Group à la London School of Economics, mais également l'American Enterprise Institute, un *think tank* néo-conservateur sous l'administration Bush et dévoué au capitalisme américain. Après la Conférence de Durban de décembre 2011, Mark Caine [2011], coordonnateur du Hartwell Group à Londres, peut – à juste titre, selon nous – soutenir que « les idées auparavant hétérodoxes sont en train de pénétrer la pensée dominante ». Ces auteurs et groupes ont une approche qu'ils définissent eux-mêmes de « pragmatique ». Les économistes de l'effet de serre – confinés dans l'approche dont nous entreprenons la discussion critique – sont aujourd'hui mal à l'aise par rapport à ces travaux et par rapport aux orientations récentes de la politique climatique. A l'encontre du *Hartwell Paper* [Prins G. *et al*. (2010)], un rapport très critique sur la politique climatique rédigé par le Hartwell Group, la banderille est plantée par

L'essence de la politique engagée depuis le tout début des années 1990 tient en trois mots : externalité, accord international contraignant et incitations de marché (taxes, permis négociables et prix du carbone). Nous engageons le débat sur ces trois notions. Pour comprendre et penser la politique climatique aujourd'hui, un effort d'analyse sur longue période est nécessaire. Et un effort de « réflexivité », pour reprendre le terme d'Ulrich Beck [(2001), p. 36], serait une bonne chose de la part des économistes de l'effet de serre et des grands acteurs des négociations.

Nous centrons notre analyse – volontairement restreinte – sur le diagnostic qui a été posé, la caractérisation de la pathologie qui l'a emporté et la proposition de traitement, de médication, qui été retenue. La construction de l'action a reposé sur trois composantes : 1) le CO_2 est un problème de pollution, une externalité pour les économistes, 2) puisque la pollution est globale, un accord international engageant les Etats signataires est la seule réponse appropriée à l'enjeu planétaire et, 3) le signal prix offert par les incitations de marché (taxe carbone et/ou permis négociables) est l'instrument le plus efficace pour modifier les comportements des entreprises et des consommateurs en direction de technologies et de biens à moindre teneur en carbone. Aucune de ces composantes n'est aujourd'hui indemne de critiques. La thèse que nous soutenons est qu'il faut remonter à l'architecture imaginée à l'aube des négociations internationales pour mesurer en quoi cette architecture est incapable – par construction – d'assurer la fonction ainsi que les objectifs qui lui avaient été assignés. Nous soutenons que la politique climatique qui a été retenue était défectueuse *ab initio*.

Pour repenser l'économie du changement climatique, nous retraçons tout d'abord quelques-uns des éléments essentiels de l'architecture initiale et de la politique mise en oeuvre, pour comprendre les impasses actuelles. Le second point interroge le concept d'externalité appliqué au CO_2 et autres gaz à effet de serre[2] ; à l'évidence, on est là loin des externalités à la Pigou ; il s'agit du thème central, en filigrane de tous nos développements. Le troisième point établit en quoi la négociation internationale pour un accord contraignant, du type Protocole de

---

Nicholas Stern et James Rydge, avec seulement deux qualificatifs, sans analyse argumentée : « *so confused and misguided* » [(2012), p.115, note 9].

[2] Il y avait six gaz à effet de serre initialement comptabilisés dans le Protocole de Kyoto : CO_2 (dioxyde de carbone), CH_4 (méthane), N_2O (protoxyde d'azote), HFC (hydrofluorocarbones), PFC (hydrocarbures perfluorés), SF_6 (hexafluorure de soufre). Un septième, le NF_3, (trifluorure d'azote, utilisé dans l'industrie électronique et la fabrication des panneaux photovoltaïques) a été rajouté à la liste des gaz à effet de serre pris en compte dans le Protocole de Kyoto lors de la Conférence de Durban.

Montréal pour les CFC, ne convenait pas pour le CO_2. Pour donner un prix au carbone, après l'échec d'un projet européen de taxation en 1991, c'est finalement le système de permis négociables qui l'a emporté : le quatrième point montre que le marché des permis d'émission pour le SO_2 instauré aux Etats-Unis, qui a servi de référence et d'argumentaire pour le marché du carbone, n'a jamais été un bon modèle pour le CO_2. Dans le cinquième et dernier point, on revient sur la taxation du carbone : elle demeurera faible et ne suffira pas à engager les transformations requises. Enfin, en conclusion, nous déclinerons quelques linéaments de la transition énergétique et industrielle vers des sociétés à moindre teneur en carbone – une transition à longue échelle de temps.

1- LE DIAGNOSTIC ET L'ARCHITECTURE CLIMATIQUES SONT DEFECTUEUX DEPUIS L'ORIGINE

La Convention-cadre sur les changements climatiques de 1992, puis le Protocole de Kyoto signé en 1997, sont deux accords multilatéraux d'environnement. Il en existe aujourd'hui plus d'un millier, dont une vingtaine à fortes implications économiques. Ces accords, dont la progression a été exponentielle au cours des cinquante dernières années, ont tous suivi à peu près le même processus de construction. Il y a tout d'abord une prise de conscience et une alerte portées par les travaux de scientifiques, avec un activisme de la société civile, des mouvements écologistes et des organisations non gouvernementales. Il y a ensuite l'élaboration plus ou moins rapide d'un accord, d'un régime international, censé ensuite s'imposer aux différents Etats signataires [Meyer J.W. *et al*. (1997)]. Ces accords ont chacun, selon le problème d'environnement ou de pollution considéré, leurs spécificités écologiques, sociales, culturelles, techniques, économiques. La littérature suggère que certains régimes échouent complètement, d'autres réussissent raisonnablement bien, mais très peu résolvent pleinement et de manière permanente les problèmes qu'ils étaient censés dénouer [Mitchell R.B. (2003), p. 448]. Le Protocole de Montréal, sur l'interdiction progressive des substances qui diminuent la couche d'ozone stratosphérique (CFC, halons, ainsi que de nombreux produits chimiques), est la grande réussite de la diplomatie environnementale. Il a été signé en 1987, deux années seulement après la signature d'une première convention sur l'ozone (Convention de Vienne).

Le Protocole de Montréal a montré tout le poids d'une industrie largement cartellisée à l'échelle mondiale, associée initialement à l'impulsion déterminante de sanctions nationales

dès 1978 aux Etats-Unis. Porté par les seuls pays développés et leurs groupes de la chimie, cet accord (que l'Inde et la Chine ne rejoindront que quatre ou cinq années après sa signature) a progressivement réussi à interdire la production et la commercialisation de quelque 96 produits chimiques différents, tous dangereux pour la couche d'ozone. La raison est simple : des technologies alternatives ont pu être rapidement mises au point et diffusées. Y a-t-il des technologies ou des modifications comportementales susceptibles de réduire drastiquement en quelques années les émissions de gaz à effet de serre ? La réponse est négative. Toujours dans le cadre du Protocole de Montréal, l'aide financière et technologique aux pays en développement pour qu'ils abandonnent les anciens produits polluants au bénéfice de produits moins ou plus du tout destructeurs de la couche d'ozone, n'a coûté que 3 milliards de dollars sur près de vingt ans. On est loin des chiffres avancés pour financer l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans les pays en développement ainsi que leur adaptation aux changements climatiques : des dizaines de milliards de dollars par an sur plusieurs décennies (100 milliards/an de 2013 à 2020, chiffre officiellement accepté par les pays développés depuis la Conférence de Copenhague en 2009). A l'opposé de la protection de la couche d'ozone, il y a donc la lutte contre le changement climatique, « le cas limite » de la diplomatie multilatérale [Haas P.M. (2008), p. 2].

Pendant vingt ans il y a eu, selon les termes de Steve Rayner [2010], « une défense doctrinaire » de l'architecture Convention-Protocole de Kyoto, « *the only game in town* ». La Convention est pourtant rapidement apparue à certains comme bien en deçà des espoirs initiaux, en particulier pour les pays les plus pauvres, « un petit pas », selon la formulation de Rajendra Pachauri [(1992), p.14], aujourd'hui Président du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. La Convention et son Protocole contiennent surtout des objectifs et des compromis qui se sont révélés inadaptés, déséquilibrés, et aujourd'hui difficilement tenables. Nous analysons successivement 1) l'objectif central de la Convention, 2) le partage des engagements entre Etats, 3) la compensation des perdants du réchauffement et de la politique climatique, 4) les difficultés à crédibiliser des mécanismes de sanction et, 5) la perception initiale divergente des coûts économiques de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.

La Convention définit les changements climatiques – et c'est une définition restreinte et discutable – exclusivement en référence « à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère », ces changements venant « s'ajouter à la variabilité naturelle du climat ».

L'objectif « ultime » de toutes les politiques susceptibles d'être mises en œuvre 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 » (article 2 de la Convention). Des « mots immortels », raille Thomas Schelling, prix Nobel d'économie 2005 [2007, p.4]. L'objectif d'empêcher « toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » était un reflet de l'approche « pollutioniste »[3] qui a inspiré les premières réflexions et conférences, la rédaction de la Convention-cadre, puis ensuite les négociations Kyoto : réduire les émissions de tel pourcentage à tel horizon de temps et, aujourd'hui, ne pas dépasser tel degré de réchauffement en 2050. En résultat de cette focalisation sur la réduction des émissions, on a tardé à penser à la transformation du développement sur longue période, à conduire au plus proche des populations [Rayner S., Malone E.L. (1997)], ainsi qu'aux politiques d'adaptation aux modifications du climat [Parry M.L. *et al*. (1998) ; Damian M. (2007)][4]. Les débats ont maintenant changé, moins centrés « émissions de CO_2 » et plus énergie, industrie, transport, villes, agriculture, forêts, développement soutenable et adaptation : un cheminement plus pragmatique, « oblique » dans la formulation du *Hartwell Paper* [Prins G. *et al*. (2010)] ; non plus l'ancienne approche pollutioniste mais une démarche « post-pollution » [Revkin A.C. (2011)], ou encore – dans les termes de Ted Nordhaus et Michael Shellenberger, les animateurs du Breakthrough Institute – la fin du « paradigme de la pollution » [2007 ; 2009].

Les Etats ont des « responsabilités communes mais différenciées », une formulation venue de débats Nord-Sud antérieurs (article 4 de la Convention et 10 du Protocole). D'où, 1) dès 1992, la promesse des pays développés de financer les politiques de limitation des émissions et les

[3] Le terme est du climatologue canadien Ian Burton, un des auteurs les plus éminents à avoir mis la priorité sur l'adaptation aux changements climatiques.

[4] Il y a eu un biais à l'encontre de l'adaptation, un temps considérée comme une solution politiquement incorrecte. En témoignent les mots du Vice-Président Al Gore, on était alors au tout début de la décennie 1990 : « *Believing that we can adapt to just about anything is ultimately a kind of laziness, an arrogant faith in our ability to react in time to save our skin* ». Il y a une raison scientifique sérieuse pour laquelle les économistes de l'effet de serre auraient dû s'intéresser avec plus de rigueur à l'adaptation : la quasi-totalité des calculs et modélisation des fonctions de dommages engendrés par les changements climatiques ignorent les possibilités d'adaptation. Procéder de la sorte, écrivaient Maureen Cropper et Wallace Oates il y a vingt ans [(1992), p. 726], « *is clearly inappropriate* ». Sur ce point de l'adaptation, nous sommes en désaccord avec les positions défendues par Olivier Godard (mais ce désaccord engage plus largement la manière de penser la question climatique) : « la montée en puissance de cette thématique est aujourd'hui non seulement le témoin, mais bien l'accompagnateur, voire le vecteur – involontaire ? – de ce basculement de l'imaginaire vers la résignation […] Toutefois, de façon voilée, elle habille et disculpe le manque de volonté politique internationale dans la maîtrise des émissions de GES […] Implicitement, la communauté internationale a déjà consenti à se livrer à l'aventure climatique, en contradiction avec l'objectif qu'elle s'est fixé en 1992 […] celui d'éviter une interférence dangereuse avec le climat de la planète, en contradiction, également, avec l'objectif cible des 2°C mentionnés dans l'accord de Copenhague. La place réservée désormais à l'adaptation est l'expression subliminale de ce renoncement » [Godard O. (2010), pp. 291-292].

conséquences néfastes du réchauffement dans les pays du Sud et, 2) l'engagement du seul groupe des pays développés (on le sait, sans les Etats-Unis) de réduire collectivement leurs émissions. Les responsabilités respectives des Etats du Nord et de ceux du Sud ne sont cependant plus tout à fait équivalentes en 2012 à ce qu'elles étaient en 1992. Elles le seront encore moins en 2030 ou 2040 : c'est à peu près à cette date que les émissions cumulées du Sud pourraient rejoindre celles du Nord. Les transformations anticipées, particulièrement en termes de population et d'énergie, seront de grande ampleur. Il y a 1,5 milliard de personnes qui n'ont pas encore accès à l'électricité, autour de 2,5 milliards qui utilisent encore exclusivement la biomasse pour la cuisson des aliments. La force de travail globale, c'est-à-dire la population active insérée dans l'économie mondiale, y compris sous la forme du sous-emploi et du chômage, devrait augmenter de 1,5 milliard d'individus dans les pays en développement d'ici 2050, plus que la totalité de la population actuelle des pays du Nord, alors qu'au sein de la zone développée, la force de travail diminuerait de 100 millions de personnes. Les émissions de gaz à effet de serre en provenance du Sud et de l'Asie sont donc nécessairement appelées à croître fortement. Comment débattre sereinement des « responsabilités communes mais différenciées » ?

La Convention et le Protocole contiennent surtout deux dispositions étranges, voire invraisemblables, qui pèsent sur toute velléité d'action collective ou unilatérale à produire des réductions conséquentes des émissions. La première impose la compensation financière par les pays développés des pays qui supporteraient un coût du fait de « l'impact des mesures de riposte », précisément de l'impact des politiques de réduction des émissions sur les revenus de ces derniers, c'est-à-dire « les pays producteurs de pétrole, mais aussi les grands producteurs de charbon » (article 4 de la Convention et 2 du Protocole). Il a fallu, en 1992, ce compromis inouï pour que les pays producteurs de pétrole acceptent finalement d'adhérer à la Convention [Dessai S. (2004), pp. 20-21]. Lors de chaque réunion relative au climat, l'Arabie Saoudite ne manque jamais de rappeler ce droit à compensation. S'il s'agit bien de limiter les émissions de carbone, alors que les combustibles fossiles représenteront encore au moins 70 % de la production énergétique au milieu de ce siècle, comment contraindre – et qui contraindra ? – les détenteurs de ressources fossiles à maintenir leur stock en terre ?

La seconde disposition permet de comprendre pourquoi il n'y aura jamais, hélas, de mécanisme de sanction multilatérale ou unilatérale crédible pour renforcer des réductions d'émissions. Sur quelque mille accords multilatéraux d'environnement, l'accord sur le climat

est le seul à proposer de ne pas recourir à des barrières aux échanges (article 3 de la Convention-cadre), c'est-à-dire au contrôle ou à l'interdiction d'importations ou à des taxes aux frontières [Damian M., Abbas M. (2007)]. Le recours aux mesures commerciales aux frontières est pourtant la condition déterminante de l'efficacité des grands accords d'environnement. Le Protocole de Montréal règlemente strictement le commerce international et interdit l'exportation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Si un pays met en œuvre et supporte les coûts d'une réduction nationale des émissions, alors que d'autres produisent et exportent sans réduction aucune et donc sans coût supplémentaire, cela signifie que le dumping climatique est licite et la concurrence impraticable. En 1997, l'année des négociations pour Kyoto, Yves Martin, alors premier Président de la Mission interministérielle sur l'effet de serre (MIES), soulignait que, sur ce point et par rapport au Protocole de Montréal, la Convention sur le climat marquait « une régression » [Martin (1997), p. 7].

Il y a enfin le diagnostic ou la perception initiale divergente en ce qui concerne les aspects économiques de la limitation des émissions de gaz à effet de serre. Les orientations nationales et les tensions sont perceptibles dès les premières réunions internationales en 1989, 1990, puis en 1991 au sein de la Commission intergouvernementale chargée de rédiger la Convention-cadre. L'Europe a toujours eu la position la plus volontariste, défendant, sans chiffrage économique, une approche en termes d'environnement et de pollution, avec l'objectif d'une réduction rapide des émissions dans le cadre d'un accord international contraignant. Les pays en développement – cela a été peu noté – ont participé activement aux négociations. La Convention-cadre, et plus tard le Protocole, sont les premiers accords environnementaux à témoigner pleinement de la montée en puissance du Sud et de l'Asie. Une vingtaine de pays seulement, tous industrialisés, ont construit le Protocole de Montréal. En revanche, il y a eu entre 102 et 151 pays représentés aux 6 réunions préparatoires à la Convention-cadre sur les changements climatiques tenues entre février 1991 et mai 1992. Chine, Etats pétroliers, pays en développement, petits Etats insulaires, tous ou presque étaient présents : les enjeux – nationaux – de la limitation des gaz à effet pour le développement économique ont été tôt perçus.

La position des Etats-Unis n'a guère varié depuis un quart de siècle. Dès les premières réunions et négociations sur le climat, ils se démarquent frontalement de l'ambition européenne en vue d'un accord international contraignant : « Ils critiquaient la proposition de

l'Union européenne comme étant une approche 'par le haut' (*top down*) rigide et inéquitable, ne tenant pas compte des différences entre pays en matière de spécificités nationales et de coûts de mise en œuvre. Les Etats-Unis soutenaient que la Convention devait plutôt retenir une approche 'par le bas' (*bottom up*), qui encourage une meilleure information, l'adoption de stratégies nationales et de plans d'action nationaux » [Bodansky D. (1993), p. 514]. Prédominent les aspects économiques, la politique interne. La perception de la concurrence des pays en développement est déjà sensible. La croissance attendue des émissions en provenance des pays du Sud – et donc leur participation indispensable à la réduction des émissions – est une préoccupation signalée dès 1990 par l'agence américaine de l'environnement. Pour comprendre le rejet unanime du Protocole de Kyoto par le Sénat américain en 1997, ou le refus en 2001 de Georges W. Bush de proposer au Sénat la ratification de ce même Protocole, il est donc bon d'avoir en mémoire l'histoire longue : il y a une continuité de la politique climatique américaine, avec une prégnance constante des aspects économiques et de concurrence. L'horizon de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre a toujours été à double face : à la fois celui d'un régime pour le climat et, en même temps, celui des coûts économiques des politiques nationales, et donc d'une concurrence entre capitalismes qui puisse être compatible avec des politiques de réduction des émissions. Les récentes conférences en témoignent, la recette d'une concurrence climat-praticable – en particulier entre les capitalismes historiques et les grands capitalismes émergents – n'a pas encore été trouvée.

On comprend que les dispositions de l'architecture initiale, de même que la dichotomie entre approche pollutioniste-environnement d'un côté et approche développementiste-économie de l'autre, ne pouvaient conduire, de conférence en conférence, qu'à la répétition de divergences manifestes.

2-LE CO_2 N'EST PAS UNE EXTERNALITE A LA PIGOU

Il n'est pas douteux que depuis la période néolithique l'homme a progressivement changé la face de la terre, pour devenir depuis deux siècles une force géologique. Cette action transformatrice n'a pas échappé aux économistes classiques. Confrontés aux conséquences négatives de l'industrialisation, les économistes de la fin du XIXe siècle ont, chacun avec ses mots et concepts, tenté d'intégrer à leurs analyses les questions de pollution et de qualité de vie à préserver : le concept de désutilité chez Jevons, l'éthique de la terre et le contrôle public

des richesses naturelles chez Mill, la divergence entre intérêt privé et intérêt social chez Sidgwick, les problèmes éthico-économiques chez Marshall, la nécessité pour lui de préserver les aménités naturelles (les *free goods* comme la lumière, l'air), ainsi que d'améliorer les conditions de vie des citoyens par une réglementation publique directe.

Marshall est surtout le premier économiste à avoir proposé une taxe environnementale, précisément une taxe locale sur la propriété foncière (le *Fresh Air Rate*), pour financer l'amélioration des conditions de vie des classes populaires en créant des parcs naturels et récréatifs et en préservant la qualité de l'air et de la lumière [Omori M. (2006)]. Chez lui, la taxe vient combler non pas une défaillance du marché, comme chez Pigou, mais une défaillance du gouvernement. C'est une conquête politique et sociale : elle doit aider à préserver les aménités (le *Standard of Life*) et contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations ; elle ne vise ni à l'efficience par le calcul, ni à retrouver un équilibre de marché. C'est un moyen d'action d'un Etat qui remplit correctement ses devoirs au service du bien-être de la population, comme il l'explique dans « *The Social Possibilities of Economic Chivalry* » [Marshall A. (1907)]. Il y a donc une grande différence entre la taxe environnementale dans la pensée Pigouvienne et celle proposée par Marshall.

C'est néanmoins le point de vue de Arthur Cecil Pigou qui a irrigué la théorie économique, avec *The Economics of Welfare* (1920) et son exemple célèbre des incendies provoqués dans les champs par les escarbilles de locomotives des compagnies de chemin de fer. Les problèmes d'environnement n'ont évidemment plus grand-chose à voir avec cette formulation initiale. Mais le cadre d'analyse des économistes de l'environnement et de l'effet de serre demeure borné par cette vision, qui se ramène à quelques idées simples, en cohérence avec le modèle d'équilibre général néoclassique : 1) les gaz à effet de serre représentent une pollution, une externalité qui témoigne d'une défaillance du marché, 2) en donnant un prix à la pollution, un prix au carbone par le biais d'un instrument économique du type taxe ou permis négociable, on internalise l'externalité dans les prix de marché, 3) en résultat, il y a disparition de l'externalité, la défaillance de marché est donc supprimée et l'équilibre de celui-ci est rétabli.

Les difficultés considérables à donner un prix au carbone, c'est-à-dire à faire accepter des taxes significatives ou à diminuer les quotas de permis d'émissions négociables, témoignent des « ambiguïtés » du concept d'externalité [Greffe X. (1978)], de « l'inadéquation de la

position néo-classique » en matière d'environnement [Godard O., Sachs I. (1978), p.796]. Il y a tout d'abord ambiguïté au niveau de la définition : le concept d'externalité n'existe pas *a priori* dans la théorie walrasso-parétienne, « il vient des problèmes d'application de cette théorie aux faits, et de son incapacité à traiter certaines complémentarités fondamentales à l'action dans la société [...] L'erreur [est] d'avoir fait des externalités un 'concept' théorique, alors qu'il s'agit d'un révélateur des défaillances expérimentales d'autres concepts. » [Greffe X. (1978), pp. 566-567]. Il y a ensuite ambiguïté au niveau des conclusions et solutions défendues. La grande faiblesse pratique du concept réside dans l'équivalence qu'il établit entre signal prix et signal institutionnel ou politique. La solution inaugurée par Pigou, de même que la démarche de Coase, « suppose implicitement que solution par le marché et solution politique sont à peu près équivalentes, alors que leurs institutions engendrent des logiques fondamentalement différentes » [Greffe X. (1978), p. 568]. Et c'est bien ce qui se passe en matière de taxe carbone et de permis, où les résistances et blocages politiques sont depuis longtemps manifestes. Le signal politique et le dissensus social l'emportent sur le signal prix et l'harmonie par le calcul. Il y a donc une première difficulté en ce qui concerne le concept d'externalité, du côté de l'analyse économique. Mais il y en a une seconde, du côté de l'appréhension physique du phénomène.

Que le CO_2 ne soit pas une externalité tout à fait comme les autres n'a pas échappé aux économistes de l'effet de serre, même si la plupart d'entre eux sont demeurés très discrets sur ce point. Ce n'est pas le cas, apparemment, de Nicholas Stern, qui a dirigé la célèbre *Stern Review* sur l'économie du changement climatique publiée en 2006. Dans une posture de type plaidoyer, celle-ci a popularisé une vision optimiste des coûts et avantages d'une action rapide pour contrer le réchauffement : en consacrant 1 à 5 % du produit mondial brut par an pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, on éviterait des coûts du changement climatique sur les activités humaines de l'ordre de 5 à 20 % du produit mondial brut chaque année [Stern N. (2006)].

Pour Nicholas Stern, « le changement climatique est la plus grande défaillance de marché que le monde ait jamais connue » [p. viii]. Il rappelle que le point de départ de son analyse, comme de la plupart de celles consacrées aux changements climatiques, est « la théorie de base des externalités et des biens publics […] (Pigou, Meade, Samuelson, Coase) », mais « les caractéristiques spéciales de cette externalité particulière [nécessitent que] l'analyse économique aille plus loin » que la théorie de base [p. 25]. Les sciences nous apprennent que

le changement climatique est « une forme d'externalité très différente de celles communément analysées » : il s'agit d'une externalité globale à la fois dans ses causes et conséquences, les effets néfastes sont persistants et se développent dans le temps, les incertitudes sont multiples et considérables, et les impacts sur l'économie mondiale seront vraisemblablement élevés [p.25]. On est donc là à l'extrême frontière de l'analyse économique standard[5]. L'appréhension physique de l'externalité « changement climatique » dans la *Stern Review* est cependant discutable. Lorsque Stern écrit que « le changement climatique est la plus grande défaillance de marché que le monde ait jamais connue », la formule est percutante. Mais est-elle vraiment pertinente?

Dans l'exemple célèbre d'externalité présenté par Pigou dans *Economics of Welfare* (1920), il y a : 1) initialement des escarbilles qui s'échappent de la cheminée d'une locomotive à vapeur (la cause de l'externalité), 2) les escarbilles qui enflamment les champs de blé (l'effet) et, 3) une mesure corrective, précisément une taxe (l'instrument économique), à la charge de la compagnie de chemins de fer, qui doit compenser la perte du paysan et inciter la compagnie à développer une alternative technologique (un aménagement de la machine à vapeur qui supprime les escarbilles). Les émissions de gaz à effet de serre correspondent mal à cet enchaînement « cause-conséquence-mesure économique corrective ». Le changement climatique est un élément d'un tout plus large. Il s'agit d'un phénomène enchâssé dans toutes les activités humaines, qui ne peut être catégorisé de la même manière que la diminution de la couche d'ozone, pour laquelle on a pu isoler la cause, la chaîne d'effets et les mesures correctives à mettre en œuvre à partir d'un nombre restreint d'acteurs.

A ce titre, selon les mots de Mike Hulme[6], le changement climatique « *is not a problem awaiting a solution* ». Il n'a pas de cause simple et localisable, susceptible d'être aisément corrigée ou annulée ; la limitation des gaz à effet de serre, et c'est le cas en particulier pour le CO_2, peut difficilement être obtenue par et pour elle-même [Hulme M. (2007), (2009) ; Tabeaud M., Brédif T. (2010)]. Les émissions de carbone ne sont pas isolées et sont

[5] Comme l'écrivent Simon Dietz et David Maddison [2009, p. 299], le changement climatique a confronté « la signification et la pertinence du modèle standard de l'économie du bien-être à ses limites » Sur un autre plan, Hans-Werner Sinn montre que l'extraction des ressources en terre de combustibles fossiles, qu'il conviendrait de limiter si l'on veut éviter des concentrations de CO_2 dans l'atmosphère particulièrement élevées (le versant « offre » de la réduction des émissions de CO_2, une question trop laissée de côté jusqu'à présent), « a peu de chose à voir avec le modèle statique de l'externalité marginale utilisée dans les *textbooks* » (modèle qui demeure pourtant, ajoute Sinn, la base conceptuelle de la *Stern Review*) [2008, p.366].

[6] Mike Hulme, climatologue, est le fondateur du célèbre Tyndall Centre for Climate Change Research à l'Université d'East Anglia.

difficilement isolables au sein de l'économie. Marina Fischer-Kowalski et ses collègues montrent que les émissions ne peuvent être séparées du reste des infrastructures physiques de l'économie et qu'une société à basse teneur en carbone sera par nécessité une société à faible usage en ressources [Fischer-Kowalski M. *et al*. (2010), p.22]. Enfin, les problèmes climatiques sont un écho à des transformations impossibles à faire entrer dans le schéma de l'externalité néoclassique. En deux siècles, l'emballement de toutes les grandeurs économiques et démographiques a généré une dégradation rapidement croissante de tous les écosystèmes [Steffen W. *et al*. (2004), pp. 81-141]. L'humanité est devenue une force environnementale majeure et elle le restera pour de nombreux millénaires [Crutzen P.J. (2002), (2009)].

Tant sur le plan factuel que conceptuel, on ne peut pas considérer le CO_2 comme une externalité à la Pigou, avec une cause, un effet et un instrument économique (de type taxe ou permis négociable) pour l'éliminer et, par là, supprimer une défaillance de marché et rétablir l'équilibre de celui-ci[7]. C'est pourtant cette approche en termes de pollution et d'externalité qui a inspiré les premières conférences, guidé la rédaction de la Convention-cadre puis les négociations Kyoto.

3-UN ACCORD INTERNATIONAL « PAR LE HAUT », DU TYPE PROTOCOLE DE MONTREAL POUR LES CFC, NE CONVIENT PAS POUR LES GAZ A EFFET DE SERRE

Comment réduire les externalités négatives que représentent les gaz à effet de serre, s'il s'agit bien de cela ? L'architecture qui a été retenue repose sur le présupposé selon lequel il convient de fixer, dans le cadre d'une coopération internationale, un objectif de réduction des émissions contraignant pour les Etats signataires. Comment s'est construit ce présupposé ? Lorsque s'engagent les premières réflexions puis négociations sur le climat, le modèle d'accord qui va immédiatement s'imposer est celui de la préservation de la couche d'ozone. Dans le contexte de l'époque, le Protocole de Montréal, signé en 1987, qui démontrait déjà son efficacité, est le modèle à suivre pour l'organisation institutionnelle de la préservation du

[7] Il y a un tiers de siècle, Olivier Godard et Ignacy Sachs [1978, p. 795] laissaient déjà entendre que les problèmes climatiques constituent un bon exemple de « ce que l'on peut appeler un effet de système, […] difficilement ramenable au schéma de l'externalité néo-classique »…

climat. Le consensus a été général sur ce point[8]. Mais l'on verra progressivement qu'un accord du type Protocole de Montréal ne convient pas pour le climat. Les émissions de gaz à effet de serre ont des effets globaux, planétaires, et non pas strictement localisés ou régionaux. Mais cela signifie-t-il pour autant que la réponse la mieux appropriée soit elle aussi globale, planétaire, et doive prendre la forme d'un accord international susceptible ensuite de s'imposer au niveau de chaque Etat ? Rien n'est moins sûr. Avec le recul, on peut dire que l'erreur d'appréciation a été ici manifeste. On se trompe en effet lourdement si l'on croit que la réduction des substances qui appauvrissent la couche d'ozone a été initialement impulsée par « le haut », par un accord international, pour ensuite s'imposer aux principaux Etats concernés. C'est l'inverse qui est vrai. La grande leçon à retenir est que le régime sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone a été préparé et engagé par des actions nationales, bien antérieures au Protocole de Montréal lui-même[9].

La préservation de la couche d'ozone a été construite autour d'un tout petit nombre d'acteurs, avec une industrie des CFC qui représentait moins de un pour cent du commerce mondial (l'Europe, les Etats-Unis et le Japon concentraient à eux trois environ 85 % de la production et 73 % de la consommation globales). Il n'y a pas d'acteurs aussi aisément repérables pour les gaz à effet de serre, intriqués, eux, dans toutes les activités économiques et humaines. Il y a surtout eu, pour la construction du régime ozone, un pays leader, qui a réussi à entraîner une industrie chimique mondiale cartellisée, avec seulement 14 producteurs de CFC. Après l'interdiction des aérosols intervenue aux Etats-Unis en 1978, les producteurs américains – dont le groupe chimique Dupont, qui assurait a lui seul le quart de la production mondiale – se sont plaints que cette réglementation unilatérale allait permettre aux producteurs européens d'accroître à leurs dépens leur part de marché. Les Etats-Unis ont alors menacé d'utiliser des sanctions commerciales à l'encontre de l'Union européenne et du Japon pour les amener à soutenir un accord multilatéral. Vers le milieu des années 1980, la réglementation était donc devenue inévitable. Les industriels ne pouvaient accepter que des mesures coordonnées, prises

[8] Dans le premier rapport du GIEC (le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat), sur les réponses à apporter au changement climatique, remis en octobre 1990, le format de coopération envisagé est celui de l'accord international « par le haut » : la Convention de Vienne et le Protocole de Montréal sont cités sept fois dans les six pages qui tracent ce que pourrait être une Convention-cadre sur les changements climatiques ; aucun autre format d'accord international sur l'environnement n'est mentionné [IPCC (1990), pp. 263-268].

[9] L'action déterminante a été l'interdiction des CFC aux Etats-Unis en 1978. Mais, dès cette époque, de premières mesures sont également prises ou envisagées en Europe [Downing T.E., Kates R.W. (1982)]. Les intérêts industriels concernés ont également toujours été associés aux mesures envisagées : l'évolution du régime ozone a étroitement épousé la logique technologique et les intérêts commerciaux des grands producteurs de CFC [Falkner R. (2005)].

simultanément par les gouvernements des pays où étaient situés les producteurs et les principaux marchés [sur ces différents points, cf. Enders A., Porges A. (1992)].

Le Protocole de Montréal est le seul accord multilatéral d'environnement pour lequel l'articulation international-national a été et demeure efficace. Qu'en est-il de cette articulation pour le climat, et plus généralement pour les accords d'environnement ? Dans un article de référence sur les régimes environnementaux, John Meyer et ses cosignataires constatent que l'efficacité de ces régimes est faible et que la question de savoir s'ils résolvent les problèmes environnementaux « n'est pas claire ». La raison se trouve selon eux dans « les intérêts figés et limités des Etats » et de ceux, tout aussi « figés et limités », de l'ordre mondial [Meyer J.W. *et al*. (1997), p. 646-647]. Leur analyse ne permet cependant pas de comprendre que c'est le national qui détermine et conditionne la réussite des accords multilatéraux d'environnement, en tout cas de tous ceux qui ont des contenus économiques, de richesse et de puissance déterminants. Ce n'est pas au niveau international que se construisent et se transforment les conditions sociales, politiques et matérielles de l'accumulation du capital. Contrairement à l'appareil gouvernemental des Etats nationaux, « les institutions internationales sont isolées des préoccupations d'emploi et de prix des carburants » [Levy D., Egan D. (1998), p. 347]. L'autorité politique des institutions internationales n'est pas « enracinée dans un consentement populaire, elle n'a pas besoin d'être prioritairement préoccupée par les enjeux et performances économiques » [Litfin K.T. (2000), p.138][10].

Le futur de l'économie à basse teneur en carbone et « la révolution de l'énergie et de l'industrie » [Stern N., Rydge J. (2012)] ne se construiront pas par « le haut »[11]. Cela ne signifie pas que les accords internationaux et conférences sur le climat soient sans portée : ils

[10] Dana Fisher montre de façon tout à fait convaincante pour les Etats-Unis que « le niveau national est la base de la construction de la politique climatique » [2004, p. 4], « c'est la dépendance de l'Etat américain aux ressources naturelles, et non la politique partisane, qui détermine les décisions domestiques en matière de changement climatique global » [2006, p. 488]. En particulier, le poids de l'économie charbonnière a été, jusqu'à présent, déterminant. Presque le quart de toute l'énergie consommée aux Etats-Unis, et la moitié de l'électricité produite, proviennent encore du charbon. Contrairement à la production de pétrole, celle du charbon est diffuse à travers tous les Etats-Unis : 36 Etats sur 50 en sont des producteurs conséquents ; 52 sénateurs sur 100 provenaient au milieu de la décennie 2000 d'Etats où cette production joue un rôle économique essentiel : l'industrie américaine du charbon est intensive en emplois, avec un effet social et politique multiplicateur large de ces travailleurs sur l'opinion publique américaine.

[11] Il ne fait plus de doute que les actions devront être engagées, pour tous les problèmes globaux d'environnement, à différents niveaux de gouvernance et de décisions, plus seulement « par le haut » au plan international mais à des échelles multiples, nationale, locale et individuelle. Sur ce point, cf. l'article [DeFries et al. (2012)] sur les « *planetary opportunit*ies », cosigné par les Prix Nobel de chimie et d'économie Paul Crutzen et Elinor Ostrom.

ont été et demeurent déterminants pour construire la prise de conscience, impulser politiques et actions à des échelles multiples et maintenir l'agenda à un haut niveau de priorité. Mais l'orientation des discussions internationales est dorénavant d'une autre nature : propositions nationales de réduction des émissions, discussion des objectifs et des moyens, vérification des résultats obtenus au plan multilatéral, échange d'informations, accords à construire sur les technologies, politiques d'adaptation et de soutien aux communautés les plus vulnérables au réchauffement. Nicholas Stern, dans un article récent signé avec James Ridge, a pris acte, même si c'est tardivement, de cette nouvelle donne. L'opposition « *top-down* »/« *bottom up* » est cependant improductive selon eux, les deux sont complémentaires pour engager une croissance à basse teneur en carbone : l'enjeu renouvelé d'un accord international serait de « créer de la confiance dans les actions de chacun » [Stern N., Rydge J. (2012), p. 115]. On est assez loin du Protocole de Kyoto et de la focalisation sur des objectifs contraignants de réduction des émissions. C'est reconnaître que l'action a tourné en direction de politiques « par le bas », tenant compte des spécificités propres à chaque Etat et donc des aspects économiques et des préoccupations liées au développement : la position depuis toujours défendue par les Etats-Unis, mais aussi le Japon, la Russie et les pays en développement. C'est reconnaître aussi que les transformations requises ne pourront être conduites qu'au plus proche du corps social.

4-LE MARCHE DES PERMIS D'EMISSIONS POUR LE SO_2 N'EST PAS UN BON MODELE POUR LE CO_2

Discuter de manière critique du marché international de permis d'émissions est demeuré longtemps, particulièrement en France, une entreprise à haut risque. La suspicion à l'encontre du marché de permis, écrit Roger Guesnerie – mais c'était il y a près de dix ans –, « repose sur une réticence profonde vis-à-vis des solutions marchandes » [Guesnerie R. (2003b), p.59]. Notre réticence, et elle est effectivement « profonde », repose, non pas sur les solutions marchandes, mais sur le parallèle qui a été établi depuis 30 ans entre le marché de permis pour le dioxyde de soufre aux Etats-Unis et celui pour le dioxyde de carbone dans le cadre des négociations internationales et de la mise en œuvre de Kyoto.

La politique américaine de réduction des émissions de SO_2 à l'aide d'un système *cap-and-trade* remonte au début de la décennie 1990. Elle a été lancée à la suite d'un amendement du *Clean Air Act*, une loi environnementale marquante, dont la première formulation remonte au

début des années 1970. Il s'agit du premier marché de permis mis en œuvre à une aussi large échelle, avec pour objectif la réduction progressive des émissions de SO_2 en provenance de toutes les centrales thermiques. Pour les observateurs, ce programme, avec une organisation et une surveillance initiales rigoureuses du marché, a été une réussite, tant environnementale qu'économique. Il a permis de réduire de plus de 50 % les émissions, à un coût estimé (de manière contrefactuelle) inférieur d'environ 50 % à celui d'une politique réglementaire [cf. l'ouvrage d'Ellerman A.D. *et al*. (2000)]. Ce marché de permis a grandement influencé l'architecture climatique. Lorsqu'au début de l'année 1990 les Etats-Unis suggèrent, comme contribution aux premières négociations climatiques, de mettre en œuvre un marché mondial de permis négociables pour le CO_2, c'est celui du dioxyde de soufre (et également ceux du plomb contenu dans l'essence ainsi que des NOx, les oxydes d'azote) qui est en arrière plan [Sun M. (1990) ; Solomon B.D. (1995)]. Le GIEC a repris, dans son premier rapport d'octobre 1990, ces suggestions : les instruments économiques sont plus incitatifs que les mesures réglementaires, est-il précisé, et, parmi les instruments économiques, le système des permis d'émission négociables est le plus *cost-efficient* pour atteindre un objectif défini de réduction des émissions [IPCC (1990), p. 244]. Pour la construction du Protocole de Kyoto – qui est fondamentalement d'inspiration américaine [Grubb M. (2003)][12] – c'est encore le marché américain des permis SO_2 qui sera un des arguments promotionnels [Cass L. (2005), p. 44] pour convaincre les autres Etats de se lancer dans la marchandisation du carbone et retenir l'outil des permis.

Nous soutenons que ce marché des permis SO_2 n'a jamais été – et aujourd'hui encore moins qu'hier – un bon modèle pour le CO_2. Première raison, les problèmes ne sont pas du tout de même nature : l'origine, les caractéristiques et le traitement des émissions de SO_2 n'ont rien à voir avec ceux des gaz à effet de serre. Deux solutions étaient immédiatement disponibles pour le SO_2. Elles ont été largement mises en œuvre par les compagnies électriques. La première a été de recourir à du charbon moins sulfuré, dont l'approvisionnement a été facilité

[12] Les Etats-Unis ont obtenu – avec le système des permis négociables et le mécanisme dit de développement propre – tout ce qu'ils voulaient en matière de flexibilité pour les engagements des pays industrialisés (pays de l'Annexe I). La pensée américaine, sur le plan économique, était dominée par les concepts d'équilibre général, qui, automatiquement, impliquent que la flexibilité permet d'obtenir le même bénéfice environnemental au coût le plus faible, « *hence, the more flexibility the better* » [Grubb M. (2003), p.183-184]. En matière de recours aux permis négociables, on peut tout à fait soutenir, avec Loren Cass, que l'Europe est tombée dans la trappe de l'argumentaire américain ; mais ensuite, avec le retrait des Etats-Unis de la négociation Kyoto, elle a pu acquérir une position de leadership large en ce qui concerne la justification, l'acceptation et la mise en œuvre du marché du carbone [Cass L. (2005)].

par la baisse des coûts de transports par chemin de fer, suite à leur dérégulation. La seconde solution a consisté à récupérer le dioxyde de soufre émis par les centrales. L'émission de ce polluant « est techniquement séparable de l'acte de production ou de consommation. En l'état actuel et prévisible des techniques, ce n'est pas le cas du CO_2 » [Godard O., Henry C. (1998), p. 131]. Pour le SO_2, les technologies étaient disponibles. Les compagnies électriques ont pu rapidement procéder à l'installation de filtres de désulfuration (*scrubbers*), une technologie connue de longue date. Les inventions et innovations majeures sont toutes antérieures au programme *cap-and-trade* pour le SO_2 ; celles-ci sont le produit de l'histoire des politiques gouvernementales et des réglementations (Taylor M.R. *et al*. [2005]). Pour le SO_2, il a donc suffi d'encourager la diffusion des technologies existantes et de les améliorer ; alors que pour le CO_2 les technologies sont loin d'être matures, inventions, innovations et coordination entre de multiples acteurs seront indispensables [Hanneman M., Bush C. (2009) ; Hanneman M. (2009)].

Deuxième raison pour laquelle le marché des permis SO_2 n'est pas un bon modèle pour le climat : son efficacité environnementale n'a rien de saillant, elle est bien en retrait des performances obtenues en Europe. L'Union européenne a procédé à la réduction de ses émissions de SO_2 pour l'essentiel à partir d'une approche réglementaire, de type *command and control* et non en utilisant des mécanismes de marché. La politique a été conduite dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance, adoptée à Genève en 1979 [Vestreng V. *et al*. (2007)]. Cette Convention a permis la signature de trois protocoles successifs sur le dioxyde de soufre (en 1985, 1994 et 1999). Des directives de l'Union européenne ont ensuite progressivement renforcé et précisé les objectifs de réduction des émissions. Peut-on mesurer l'efficacité environnementale respective des politiques entreprises des deux côtés de l'Atlantique ? Voyons les chiffres, qui demanderaient à être actualisés. Entre 1980 et 2001, les Etats-Unis ont réduit leurs émissions totales de SO_2 de 39,1 %, l'Union européenne à 15 de 77, 6%. Les émissions par personne, durant la même période, sont passées aux Etats-Unis de 103,8 à 50,5 kg et en Europe de 74,1 à 15,5 kg. Par millions d'euros de PIB, et toujours de 1980 à 2001, les émissions de SO_2 ont été divisées par 6 aux Etats-Unis et par près de 14 au sein de l'Europe à 15 [European commission (2004), p. 7, Table 1, p. 8, Table 2]. La comparaison de l'efficacité environnementale relative entre les deux rives de l'Atlantique ne milite pas en faveur du *trading* du SO_2[13].

[13] Etonnamment, le *trading* n'a pas contribué à la généralisation de l'usage de filtres pour récupérer le SO_2 : en 2011, environ le tiers des centrales au charbon américaines (représentant quelque 100 GW installés, soit

Il y a une troisième raison, assez décisive, qui conduit à douter de la pertinence du modèle de permis SO_2 pour les gaz à effet de serre : le marché de permis SO_2 – du fait de transformations de l'encadrement institutionnel, avec de nouvelles réglementations – est aujourd'hui moribond. L'explication demande un détour par la lutte contre les émissions de mercure. Les centrales à charbon émettent non seulement du dioxyde de soufre mais également du mercure, très toxique, ainsi que différentes substances cancérigènes. Ce sont des pollutions jointes. Sous Georges W. Bush, l'administration a proposé de renforcer la politique de limitation des émissions (la législation *Clear Skies*), en diminuant le nombre de permis disponibles pour le SO_2 et en instaurant un marché de permis pour le mercure. De nombreux Etats américains (qui avaient déjà édicté des normes strictes de limitation des émissions pour ce polluant), des organisations environnementales, ainsi que des parlementaires, se sont opposés à cette marchandisation du mercure, qui, trop dangereux pour être laissé au marché, doit être réglementé de manière stricte [Rabe B. (2007)]. En 2008, les tribunaux américains leur ont donné raison [Environmental Finance (2009)] : la politique de réduction des émissions de mercure sera conduite par des normes et des standards (recourir aux meilleures technologies disponibles, celles qui sont les moins polluantes).

L'édiction de normes pour le mercure a pour conséquence directe – puisqu'il s'agit de pollutions jointes – d'abaisser également les émissions de SO_2. Sur ce marché du SO_2, les prix ont été extrêmement volatils, beaucoup plus que sur le marché des actions ou sur celui du pétrole, comme le note William Nordhaus, une des raisons pour lesquelles il a toujours été réticent aux marchés de permis : la trop forte volatilité est coûteuse et envoie un signal prix inconsistant aux industriels et décideurs [Nordhaus W.D. (2009), pp. 8-9]. Mais, cette fois, il s'agit d'un autre phénomène. Avec la réglementation sur le mercure, les échanges de permis SO_2 ont été réduits à peu de chose et les prix ont été divisés d'un facteur 50 à 100 ces dernières années. Le prix des permis par tonne de SO_2 était de quelque 100 dollars au lancement du programme, il a atteint un pic de 1 600 dollars en 2005, il tournait avant la récente législation autour de 300-500 dollars mais, depuis 2008, il ne dépasse pas les 7-8

l'équivalent de la puissance de 100 réacteurs nucléaires de taille moyenne, ou encore, à peu près l'équivalent du parc de production électrique français) ne disposait toujours pas d'un équipement de désulfuration [Gonzalez G. (2011)].

dollars [Gonzalez G. (2010)]. Cette involution est très peu commentée dans le cercle des économistes de l'effet de serre[14].

Des initiatives sont en cours au Sénat américain pour tenter de revigorer la coquille vide qu'est devenu le marché du SO_2. Ce sera difficile. La pierre angulaire qu'il représentait en tant que source d'inspiration et argumentaire pour les marchés de permis CO_2 s'est transformée en un petit tas de gravier.

5- LE PRIX DU CARBONE DEMEURERA FAIBLE

Les économistes de l'effet de serre demeurent arc-boutés sur l'indispensable *pricing* du carbone. Avec de bonnes raisons. Amendes, pénalités et taxes sont des outils déterminants de la puissance publique pour infléchir les comportements des producteurs et des consommateurs, des entreprises et des citoyens. Mais il y a deux questions ou difficultés décisives : 1) celle du prix, du niveau de la taxe ou de celui des permis, de telle sorte que la contrainte puisse être acceptée, supportée sur les plans politique, social et économique par la population, 2) celle de l'effet incitatif sur le comportement des entrepreneurs et le développement de technologies moins polluantes : si les technologies ne sont pas matures ou sur le point de l'être, si *a fortiori* elles n'existent pas, le montant de la taxe ou le prix du permis importe peu, il sera sans effet ; en tout cas, il ne suffit pas. Où en sont aujourd'hui, d'une part, les politiques de taxation et, d'autre part, celles relatives aux permis d'émissions

[14] Denny Ellerman rend compte de cet effondrement du marché SO_2 dans un court paragraphe plus une note de bas de page d'un article récent [2012]. Ellerman semble regretter l'efficacité de la politique réglementaire sur le mercure et son effet dépressif concomitant sur le prix des permis de SO_2. Aurait-il convenu de se passer d'une réduction des émissions de mercure par une politique de type *command and control* pour « sauver » le marché des permis de SO_2 et les *market incentives*? La question est loin d'être anecdotique ou quelque peu perverse. Le même problème se pose actuellement en Europe. On est en train de se rendre compte, à Bruxelles, que des politiques règlementaires axées sur des mesures d'efficacité énergétique sont susceptibles de peser sur le prix du carbone, jusqu'à mettre en péril le marché des permis. La Commission européenne a publié en juin 2011 une directive sur l'efficacité énergétique qui vise à économiser 20 % d'énergie entre 2005 et 2020. Si elle remplit bien ses objectifs, la directive aura un impact important sur le marché du carbone, réduisant les émissions et par voie de conséquence le prix du quota de CO_2 (qui est parti à la baisse dès l'annonce du projet). On souscrit à la position de Maîté Jaureguy-Naudin [2011] : « Si la directive sur l'efficacité énergétique permet d'obtenir des résultats plus rapidement que le marché du carbone, *so be it*! ». Dans un des articles fondateurs de l'économie politique des taxes environnementales, William Baumol et Wallace Oates notaient que l'imposition de standards environnementaux est la solution la plus rationnelle lorsqu'elle permet de traiter un problème de pollution (ils citaient l'exemple du traitement et du recyclage des déchets) à un coût modeste. Dans ce cas, pas la peine de s'embarquer dans ce qu'ils nommaient un « *perverse perfectionism* » [1971, p. 50]. Il faudrait s'en souvenir, alors que la controverse politique énergétique/politique climatique grandit en Europe. La question est loin d'être tranchée sur ce qu'il convient de faire, entre : 1) engager et soutenir une politique forte d'efficacité énergétique et/ou, 2) assurer la crédibilité à long terme du système européen de permis négociables en réduisant périodiquement le montant des quotas disponibles. Conduire de conserve ces deux politiques sera difficile.

négociables ? On pourra ensuite en tirer un premier constat pour le prix du carbone et en inférer quelque tendance de long terme.

Le mot taxe est tabou aux Etats-Unis. On sait que la taxation des carburants y est bien inférieure, environ des trois quarts, à celle des pays européens. La mise en œuvre de taxes environnementales ou carbone demeure une impossibilité sociétale. La Chine annonce depuis plusieurs années la mise en œuvre de premières taxes environnementales et carbone, elles ne sont plus attendues aujourd'hui, au mieux, avant la fin du 12e plan quinquennal, vers 2014 ou 2015 ; le niveau envisagé pour la taxe de départ donnerait un prix de la tonne de carbone largement inférieur à 2 dollars [Damian M. (2010)]. L'Afrique du Sud étudie une première taxation du carbone pour 2013 ou 2014, mais environ les deux tiers des émissions seraient exemptées jusqu'en 2020, le temps de mieux évaluer les impacts sur l'industrie.

L'Europe du Nord a été, et demeure, le grand terrain d'expérimentation des taxes carbone. Dominique Bureau et Jean-Charles Hourcade écrivaient, en 1998, qu'aux Pays-Bas, au Danemark et en Suède, « le stade des pétitions de principe est dépassé […] les écotaxes [sont un] élément d'une réforme d'ensemble de la fiscalité […] l'effet d'incitation joue, parfois, de manière spectaculaire, lorsque les écotaxes sont conçues dans une perspective d'orientation des comportements » [Bureau D., Hourcade J.C. (1998), pp. 41 et 45]. Mais, au moins pour le carbone, il est bon de préciser un peu. Partout : 1) le niveau des taxes a été peu élevé, 2) pour le chauffage des habitations, il y a eu une substitution massive du bois aux combustibles fossiles, mais il est difficile d'estimer la part respective qui ressortit de la taxation du carbone et des politiques très volontaristes des pouvoirs publics, 3) les industries les plus intensives en combustibles fossiles et les plus exposées à la concurrence étrangère ont été pour partie, où parfois largement, exemptées [cf. notamment Schubert C. (2009), p.69] et, 4) les politiques publiques d'efficacité énergétique et de recours à des énergies moins carbonées, sont à l'origine de la plus grande part des réductions d'émissions. Résultat, en Europe du Nord, « la taxe sur le CO_2 a été inefficace dans tous les pays » [Vehmas J. *et al*. (1999, p. 351]. Un cas mérite d'être examiné de plus près. En Suède – ce qui n'a jamais été signalé lors des débats récents sur la taxe carbone en France, où pourtant l'exemple suédois fut maintes fois cité –, sur les quarante dernières années, les réductions les plus importantes d'émissions de gaz à effet de serre ont résulté de l'action publique et des politiques réglementaires et non pas de la taxation du carbone : la réduction des émissions a été de 40 % entre le début des années 1970 et la fin des années 1980, et seulement de 5 % entre 1990 – date de la mise en œuvre de la

politique climatique et de la taxation du carbone – et 2005 [Lindmark M., Andersson L.F. (2010), p. 2].

Le système des marchés de quotas ne s'est pas diffusé comme on le pensait encore il y a peu. Les regards sont tournés vers la Chine : en mars 2011, le ministre Xie Zhenhua, Vice-président du ministère du Plan, indiquait que son pays introduirait des marchés d'émissions de CO_2 pilotes dans différentes villes et provinces au cours du 12e plan quinquennal, d'ici 2015. La création de marchés de permis en Chine aurait certainement des effets considérables sur l'extension progressive de marchés de CO_2 et l'émergence d'un prix mondial du carbone[15]. D'autres marchés locaux sont en cours d'étude ou en projet : l'Etat de Rio de Janeiro, pour marquer l'évènement que va représenter la tenue de la Conférence de Rio+20, devrait prochainement annoncer la création de sa « *Bolsa verde* », un système *cap-and-trade* dont la première phase de test est prévue pour 2013.

Aux Etats-Unis, dix Etats de la côte Est ont créé, en 2008, un marché régional de permis (la *Regional Greenhouse Gas Initiative*)[16] : l'objectif, modeste, est de réduire les émissions de CO_2 de leur secteur électrique de 10 % à l'horizon 2018 ; les permis sont quasiment tous vendus aux enchères par les Etats ; les sommes collectées (plus de 900 millions de dollars ces trois dernières années) servent, pour l'essentiel, à financer des mesures d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables. Et c'est un succès, dont il faut mesurer les enseignements : le prix des permis est bas, moins de 2 dollars la tonne de CO_2 ; les prix de l'électricité ont très peu augmenté, de moins de 1 % ; le coût est acceptable pour les consommateurs, qui ont réalisé des économies supérieures sur leur facture d'électricité grâce aux programmes d'efficacité énergétique financés par les compagnies électriques [Pool S.

[15] La Chine détient – ce n'est plus très original à énoncer – une des clés, ou peut-être même la clé, du futur des politiques climatiques [Damian M., Rousset N. (2009) ; Damian M. (2010)]. C'est en particulier le cas des marchés de permis, pour trois raisons : 1) une taxation du carbone, même modeste, étendue à tout le territoire chinois, est considérée aujourd'hui comme compliquée à mettre en œuvre sur les plans administratif et politique, 2) de premiers marchés de permis, testés au niveau régional et local (six provinces et villes sont pour l'instant retenues, la ville de Pékin a prévu de fixer un *cap* à ses émissions dès 2013), paraissent moins difficiles à organiser ; le premier objectif serait l'apprentissage de la définition et de la gestion de quotas d'émissions à ne pas dépasser, ensuite viendrait leur échange, 3) cet effort d'apprentissage est indispensable pour que la Chine puisse participer dans les meilleures conditions, sans que l'on puisse aujourd'hui préjuger de sa position finale, aux négociations prévues par la Plateforme de Durban : un accord global de réductions des émissions à élaborer d'ici 2015, avec entrée en vigueur d'ici 2020. En procédant de la sorte, la Chine pragmatique témoigne aussi des relations entre accord international et politique nationale : elle ne se laissera jamais imposer un accord par « le haut » sans avoir préalablement testé et engagé une politique climatique par « le bas ».

[16] La *Regional Greenhouse Gas Initiative* regroupe les Etats du Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New York, Rhode Island et Vermont (le New Jersey, sous les arguments des Républicains, s'en est retiré en mai 2011).

(2010), Navarro M. (2012)]. La Californie a voté en 2006 une loi sur le réchauffement climatique (la loi AB 42) qui prévoit de ramener ses émissions de gaz à effet de serre en 2020 à leur niveau de 1990. Le programme californien inclut un système de permis négociables qui devrait être lancé, après de nombreuses turbulences juridiques, en 2013[17]. Ce serait alors le plus important marché de permis sur le sol américain. Il pourrait représenter entre 8 et 20 % – tout dépendra des conditions effectives de mise en œuvre – des efforts de diminution des émissions d'ici 2020. La majorité des réductions attendues sera donc obtenue par des politiques publiques, « un ensemble de quarante actions réglementaires », indique Michael Hanemann : réduction des émissions des véhicules automobiles, augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production électrique, économies d'énergie, reforestation et jusqu'à la réglementation du traitement du fumier dans les bâtiments abritant du bétail. « Dans cette approche, l'accent mis sur la 'limite', le 'plafond', plutôt que sur les 'permis d'émission' est implicite ». La démarche est « une extension naturelle de l'approche réglementaire traditionnellement utilisée pour la pollution de l'air et l'efficacité énergétique en Californie » [Hanemann M. (2008), p. 119]. Une politique publique très volontariste pourrait même permettre d'atteindre les objectifs « sans mettre en œuvre de système *cap and trade* » [Bushnell J., Peterman C., Wolfram C. (2008), p. 190].

Le système de permis d'émissions européen représente l'essentiel de ce que l'on entend par marché du carbone. Ce marché européen est aujourd'hui en difficulté : les volumes échangés ont baissé et le prix des permis est bas. Dans un premier temps, le prix des quotas a grimpé jusqu'à 30 euros la tonne de CO_2, puis il est tombé à presque zéro ; fin 2009, il fluctuait autour de 13-15 euros ; début 2012, il ne dépassait plus les 6-8 euros. L'allocation de quotas à quelques 10 000 installations des pays membres de l'UE a été trop généreuse ; de surcroît, la récession économique réduit les volumes de production ainsi que les émissions de CO_2, il y a donc pléthore de permis et chute de leur prix. Mais il y a d'autres difficultés : problèmes de fraude et de gouvernance ; crédits obtenus dans le cadre du Mécanisme dit de développement propre (MDP) douteux sur le plan de leur efficacité environnementale ; élargissement du système à de nouveaux Etats inenvisageable avant quasiment une décennie et, depuis peu, antagonisme politique d'efficacité énergétique/marchés de permis. Johannes Teyssen, Directeur général de la puissante compagnie électrique et énergétique allemande E.ON, vient

[17] Le *California Emissions Trading Scheme* (*California ETS*) devrait couvrir les émissions de quelque 600 installations appartenant à 360 entreprises des secteurs de l'énergie et de l'industrie, soit au total environ 85% des émissions de gaz à effet se serre de la Californie.

d'avoir, en février 2012, des propos d'accompagnant d'un mourant à l'encontre du système communautaire d'échange de quotas d'émissions, l'*Emission Trading System* : « *The ETS is bust, it's dead* » [cité in Chaffin J. (2012)]. Le regard de Stavros Afionis sur ce marché est plus perfide : « Avec ironie, écrit-il, on peut soutenir que l'UE […] aurait été capable, selon toute probabilité, de respecter ses engagements dans le cadre du Protocole de Kyoto y compris si elle n'avait pas mis en œuvre un système de permis d'émissions négociables » [Afionis S. (2011), p.349].

Alors, le prix du carbone ? Il ne dépassera pas quelques dollars, 8 ou 10 peut-être, en tout cas guère plus de 20 $ la tonne de CO_2 au moins pour les dix prochaines années. Aucune chance d'inciter de manière déterminante au recours à des technologies à basse teneur en carbone, il y faudrait un prix de la tonne de CO_2 d'au moins 50, 100 dollars ou beaucoup plus. Certaines des technologies requises ne sont pas « sur l'étagère », elles réclament encore des inventions ; toutes nécessitent des développements, des innovations (donc des programmes de recherche pour partie au moins sur financement public), ainsi – et c'est certainement le plus important – qu'un encadrement institutionnel et social à construire. Peu de chance également d'inciter, à ce niveau de prix, à une modification profonde des comportements.

On peut cependant avoir une attitude lucide et raisonnée sur la taxation, les permis négociables et le prix du carbone. L'horizon réaliste – le seul politiquement acceptable – pourrait être d'avoir au départ un prix du carbone et une taxe (ou prix révélé par les permis) d'un montant faible, autour par exemple de 5 dollars la tonne de CO_2, puis progressivement croissant [Galiana I., Green C. (2009) ; Prins G. *et al*. (2010)]. L'objectif serait de mettre en œuvre une taxation susceptible d'être mieux comprise et mieux acceptée sur les plans économique et politique. Il s'agirait de taxes dédiées, pour le financement de la recherche et le développement de technologies d'aide à la décarbonisation, des économies d'énergie et des énergies renouvelables, pour accompagner la transformation des comportements, pour contribuer également au financement de la réduction des émissions et à l'adaptation aux changements climatiques dans les pays en développement. Dans les termes de Gwyn Prins et de ses co-auteurs du *Hartwell Paper*, une taxation du carbone de ce type serait – au regard de l'analyse néoclassique de l'environnement – une taxe « inefficiente » [Prins G. *et al*. (2010), p. 33], mais revendiquée comme telle, qui n'a la prétention ni de s'aligner sur les dommages marginaux des émissions (et qui n'y aspire même pas), ni de modifier les comportements et la consommation à court terme. Il se pourrait tout à fait que la seule taxe carbone envisageable

soit une taxe « inefficiente » pour la pensée *mainstream* en économie de l'environnement et de l'effet de serre. S'il faut d'un nom la qualifier, ce serait une taxe à la Marshall. Si l'horizon crédible est bien celui-ci – ce que nous pensons –, il s'agit d'un échec intellectuel pratique pour l'économie de l'environnement et de l'effet de serre.

CONCLUSION

On va plus ou moins âprement débattre de croissance verte et de gouvernance de l'environnement à Rio+20 en juin 2012, une gouvernance émiettée entre de trop nombreux accords et institutions. Mais il n'y aura pas de nouvelle convention signée, ni de réaménagement de la Convention-cadre sur les changements climatiques. « *There is fatigue of conventions. We have enough* », déclarait en septembre 2011 André Corrêa do Lago, le négociateur du Brésil pour Rio+20 [cité in Watts J. (2011)]. Les changements climatiques seront pourtant omniprésents, en filigrane d'autres débats, sur la croissance verte, l'eau, l'alimentation, l'accès à l'énergie, les villes soutenables, l'éradication de la pauvreté.

Lors de la préparation de la Conférence de Copenhague, Roger Guesnerie et Thomas Sterner écrivaient [2009] : « l'urgence climatique appelle à ne pas différer l'action. Le long terme n'est pas sur la table […] L'acceptation d'une cible commune à l'horizon de cinquante ans changerait peut-être la discussion sur le court et moyen terme ». L'action climatique n'est plus tout à fait pensée comme cela. La focalisation sur des objectifs contraignants de réduction des émissions, la diabolisation du carbone et les plaidoyers pour une action « par le haut » devraient perdre de leur intensité. La transition vers un développement à moindre teneur en carbone exige des transformations « par le bas », énergétiques, industrielles, sociétales, que l'on peine encore à imaginer. De cette transition dans les modes de développement, une seule chose est sûre : elle durera longtemps.

Les contraintes et les tensions qui nous font face sont considérables. Elles sont tout d'abord énergétiques. A l'horizon 2030-2040, l'accroissement de la demande mondiale d'énergie devrait être de l'ordre de 30 à 40 %, en provenance pour 80 à 90 % des pays hors OCDE. Les grandes lignes du *mix* énergétique mondial seront alors les suivantes : la prépondérance des combustibles fossiles demeure, avec au moins 75 % de la consommation mondiale d'énergie (dont 30 % pour le pétrole) ; la part du charbon, emmenée par les consommations de l'Asie, continue d'augmenter (de + 25 à + 30 % par rapport à 2009), le charbon contribuant à lui seul

pour plus de la moitié aux émissions mondiales de CO_2 ; la part du gaz naturel progresse fortement (avec une part de gaz non conventionnel, les *shale gas*, qui pourrait atteindre 20 % de la production totale). Pour réduire les émissions, la contribution de ce que l'on appelé aux Etats-Unis les « cales » de stabilisation technologiques ne se manifestera qu'avec lenteur, ou n'augmentera pas, ou est repoussée tard dans le siècle. Avec lenteur : la proportion des énergies renouvelables dans le total de la production électrique pourrait passer de 3 % en 2009 à 15 % en 2035, une augmentation conséquente mais qui ne bouleversera pas fondamentalement le bouquet énergétique à l'horizon des vingt prochaines années (l'énergie solaire ne représentera guère plus de 0,08 % de la production énergétique mondiale en 2035, l'énergie éolienne autour de 0,7 ou 0,8 %, contre respectivement 0,01 % et 0,14 % aujourd'hui). La part de l'énergie nucléaire devrait stagner voire diminuer : peut-être entre 8 et 13 % de la production électrique. Quant au captage et stockage du carbone des sources fixes d'émissions dans les industries de transformation et la production électrique, l'illusion technologique et économique a été manifeste, un développement à grande échelle – que rien ne garantit – n'est plus attendu, au mieux, avant les décennies 2030 ou 2040 [Finon D., Damian M. (2011)].

Où sont les difficultés ? Penser construire un système énergétique à faible teneur en carbone avec un prix de celui-ci voisin de zéro est « une perspective décourageante » [Nakicenovic M., Nordhaus W. (2011)]. Les changements antérieurs dans l'offre énergétique n'ont cependant pas été impulsés par la rareté des ressources ou le signal prix, même si ces deux facteurs ont pu avoir une influence : les transformations majeures sont venues de changements au niveau de la consommation finale d'énergie et de l'invention puis diffusion de nouvelles technologies d'usage (moteur à essence, moteur électrique, éclairage) [Grübler A. (2008) ; Wilson C., Grübler A. (2011)]. Il est erroné de croire, contrairement à ce que certains ont pu imaginer en proposant une politique en termes de grandes « cales » de stabilisation, que des programmes de type Manhattan ou Appolo puissent être la solution : le modèle technologique est inapproprié pour les énergies renouvelables et technologies à basse teneur en carbone [Mowery D.C. *et al*. (2010)]. On sait peu de chose sur la manière d'accélérer les transitions énergétiques [Solomon B.D., Krishna K. (2011)]. Les précédentes ont pris, selon les secteurs industriels, des décennies ou des siècles ; si une transition advient, elle n'entraînera pas nécessairement un déclin de la consommation des combustibles fossiles[18].

[18] Depuis trois décennies, les promesses généreuses de changements technologiques en matière d'énergie nucléaire et d'énergies renouvelables et nouvelles ont pu donner l'impression qu'il serait aisé de substituer de

Surtout, contrairement aux précédentes, où les consommateurs ont accepté de payer plus cher des services et technologies de niche, la transition à basse teneur en carbone devra être conduite et soutenue par les gouvernements, une faible fraction seulement des consommateurs étant susceptible d'accepter de payer un *premium* pour le bénéfice commun [Fouquet R. (2010) ; Fouquet R., Pearson P.J.G. (2012)]. Le futur énergétique ne sera pas le décalque de l'ancien : du bois au charbon, puis du charbon au pétrole, il y a toujours eu prééminence de seulement quelques énergies, le *mix* devrait être à l'avenir plus complexe et beaucoup plus diversifié ; les énergies nouvelles seront cependant, sous de multiples facettes, moins pratiques que les combustibles fossiles aujourd'hui dominants : « les énergies renouvelables n'apportent pas de nouveaux services, elles coûtent juste plus cher » [Arnulf Grübler, cité in Kerr R.A. (2010), p.781].

Les équipements et installations à financer et réaliser ne concernent pas seulement les énergies renouvelables, les technologies plus ou moins sophistiquées et les réseaux électriques intelligents (*smart grids*), il faut aussi regarder la terre, la cuisson au sol sur trois pierres. 2,7 milliards de personnes, quelque 40 % de la population mondiale, utilisent encore essentiellement la biomasse pour la cuisson traditionnelle des aliments, le plus souvent sans four permettant d'évacuer les fumées vers l'extérieur des habitations. Entre 500 000 et un million de personnes, principalement des enfants et des femmes, décèderaient prématurément chaque année du fait de ces émissions de suie. En 2030, si rien n'est fait, c'est-à-dire sans une large diffusion des fours améliorés et de fours avec de nouveaux combustibles, cette pollution pourrait engendrer un nombre de décès supérieur à l'addition de ceux dus au Sida et au paludisme [Foell W. *et al*. (2011), p. 7488]. Ces émissions de suie, dont une partie seulement provient de la cuisson des aliments, sont la seconde ou troisième cause du forçage radiatif positif de l'atmosphère, c'est-à-dire du réchauffement, derrière le CO_2 et le méthane. La suie n'est pourtant pas officiellement un gaz à effet de serre, et ne figure donc pas parmi la liste des sept gaz répertoriés par le Protocole de Kyoto[19].

---

nouvelles ressources aux combustibles fossiles, cela n'a pas été le cas [Hourcade J.-C., Nadaud F. (2010)]. La décarbonisation progressive prendra des chemins longs, tortueux et anti-écologiques. Les études et projections récentes semblent indiquer que le gaz naturel, avec l'énorme croissance attendu des gaz de schiste (grâce à eux, les Etats-Unis sont devenus en 2010 le premier producteur mondial de gaz), pourrait avoir le potentiel à l'horizon 2100, sous condition de politiques appropriées et de progrès technologiques, d'aider très fortement à stabiliser les concentrations de CO_2 [Aguilera R.F., Aguilera R. (2012)]. Le gaz naturel : « *an intermediary (and very cheap) transition to a lower carbon world* », écrit Dieter Helm [(2011), p. 3], responsable du groupe consultatif en charge de la feuille de route de l'UE sur l'énergie en 2050.

[19] Stacy Jackson est à l'origine du débat récent, dans la revue *Science* [2009], sur la suie, le carbone-suie (*black carbon*, issu de la combustion incomplète des énergies fossiles et de la biomasse), l'ozone troposphérique et le méthane ; des polluants tous à fort potentiel de réchauffement mais à durée de vie courte. L'urgence serait donc

Les contraintes et tensions sont ensuite de l'ordre de la croissance verte, qui nécessite prioritairement une rationalisation des usages ainsi que des économies d'énergie. Pour que la croissance devienne plus verte, il y faudra, mais ce n'est qu'une des conditions, des technologies à basse teneur en carbone. Pour inventer, innover, puis assurer la diffusion de ces technologies, il y a aujourd'hui consensus pour considérer que les incitations de marché ne suffiront pas. Les économistes *mainstream* sont mal à l'aise. Le système *cap-and-trade* demeure le plus approprié pour réduire les émissions de CO_2, l'ensemble des approches alternatives est « *unattractive* » [Stavins R. (2011 ; également Aldy J.E., Stavins R.N. (2011)]. Cédric Philibert écrivait, il y a peu encore [2005], que les enjeux technologiques ne doivent pas détourner l'attention de l'importance d'établir un régime mondial de permis d'émissions, donner un prix au carbone doit demeurer le « *first choice* ». Est-ce encore le cas en 2012 ? Pour la décarbonisation progressive du secteur électrique, Dominique Finon montre très bien – du fait des incertitudes et risques financiers spécifiques liés aux investissements dans les technologies à basse teneur en carbone – que la planification et la gouvernance publiques auront le rôle central et la coordination par le marché un rôle seulement modeste ; la transition vers la décarbonisation témoigne, selon ses termes, d' « un changement significatif par rapport au paradigme du marché » [Finon D. (2012)]. Pour que la croissance devienne plus verte, Thomas Sterner écrit qu'il faut un traité mondial avec un prix unique du carbone pour tous les pays et tous les secteurs ; l'alternative de la croissance verte n'est pas une « baguette magique », ni une « panacée » [Sterner T. (2011) ; Sterner T., Damon M. (2011)]. Qui a jamais dit le contraire ? La page de la croissance verte est encore blanche.

Les contraintes et tensions sont enfin environnementales et sociales. Depuis deux siècles de croissance économique et démographique, la dégradation des écosystèmes a été exponentielle, entraînant une modification des grands équilibres. Les limites que peut supporter la planète seraient déjà dépassées pour la perte de biodiversité, les cycles biogéochimiques (nitrate et phosphore), ainsi que pour le changement climatique. Il y a une large majorité de

---

de s'attaquer à la réduction de ces émissions, par une régulation et des actions séparées, distinctes, de celles promues pour le CO_2 et par le Protocole de Kyoto. Un petit groupe d'Etats, emmené par les Etats-Unis, avec le concours du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), vient de lancer, en février 2012, un programme volontaire de réductions des émissions de suie, méthane et hydrofluorocarbones (HFC), trois polluants qui compteraient pour 30 à 40 % du réchauffement. Cet accord témoigne de la prise de conscience pratique que l'on ne peut plus mettre dans le même panier les sept gaz à effet de serre reconnus par le Protocole de Kyoto (plus la suie). Des alternatives technologiques et des modifications comportementales, plus des transferts technologiques et financiers en direction des pays les moins avancés, seraient susceptibles de réduire fortement et rapidement ces émissions de méthane, de HFC et de suie.

climatologues et scientifiques pour soutenir que le réchauffement attendu ne pourra être contenu en dessous de 2°C, avec des conséquences possiblement de grande ampleur. L'humanité est devenue une force géophysique globale, ce que le Prix Nobel de chimie Paul Crutzen a appelé l'ère de l'Anthropocène [2002, 2009].

Cette focalisation sur les seules menaces est depuis peu discutée. Plusieurs des coauteurs des travaux sur les « limites planétaires » viennent de publier, avec les signatures des Prix Nobel de chimie et d'économie Paul Crutzen et Elinor Ostrom, un article-manifeste sur les « *planetary opportunities* » : « *A focus on planetary opportunities is based on the premise that societies adapt to change and have historically implemented solutions […] We assert that emphasis on global biophysical limits at the expense of a focus on realistic solutions is insufficient* » [DeFries R. et al. (2012)]. Ces positions témoignent, selon nous, d'une approche renouvelée des problèmes d'environnement, plus axée sur l'adaptation et la recherche de solutions. De leur côté, les animateurs du Breakthrough Institute ont récemment édité un opuscule provocateur (avec notamment une contribution de Bruno Latour), sur ce qu'ils dénomment le « post-environnementalisme » à l'ère de l'Anthropocène : « *we already have many nascent, promising technologies to overcome ecological problems* » [Shellenberger M., Nordhaus T. (2011)]. L'optimisme n'a jamais sauvé du pire. Le catastrophisme ne mène nulle part non plus. Les débats sur l'environnement et le changement climatique ont conduit à une politisation extrême, confondue avec une pensée environnementale apocalyptique sans promesse de rédemption. Il est tout à fait possible que ce « populisme post-politique » [Swyngedouw E. (2010)] vacille avec les reconfigurations engendrées par la récession économique au Nord et le basculement de la planète vers le Sud et l'Asie. Rio+20 pourrait en témoigner, inaugurant une approche plus pragmatique de la question climatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFIONIS S. [2011], « The European Union as a negotiator in the international climate change regime », *International Environmental Agreements*, 11(4), pp. 341-360.

AGUILERA R.F., AGUILERA R. [2012], « World natural gas endowment as a bridge towards zero carbone missions », *Technological Forecasting & Social Change*, 79(3), pp. 579-586.

ALDY J.E., STAVINS R.N. [2011], *Using the Market to Address Climate Change: Insights from Theory and Experience*, Research Working Paper 11-038, Harvard Kennedy School, September.

BAUMOL W.J., OATES W.E. [1971], "The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment", *The Swedish Journal of Economics*, 73(1), pp. 42-54.

BECK, U. [2001], *La société du risque*, Edition en allemand 1986, Traduction L. Bernardi, Flammarion, Paris.

BODANSKY D. [1993], « The United Nations Framework Convention on Climate Change: A Commentary », *Yale Journal of International Law*, 18, pp. 451-558.

BUREAU D., HOURCADE J. C. [1998], « Les dividendes économiques d'une réforme fiscale écologique », in D. Bureau, O. Godard, J.C. Hourcade, A. Lipietz, *Fiscalité de l'environnement*, Conseil d'analyse économique, La Documentation française, Paris, pp.41-81.

BUSHNELL J., PETERMAN C., WOLFRAM C. [2008], « Local Solutions to Global Problems: Climate Change Policies and Regulatory Jurisdiction », *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(2), pp. 175-193.

CAINE M. [2011], *After Durban: In Absence of Treaty, Global Climate Policy Shifts to Energy Access, Innovation, and Resilience*, Breakthrough Institute, December 15.

CASS L. [2005], « Norm Entrapment and Preference Change: The Evolution of the European Union Position on International Emissions Trading », *Global Environmental Politics*, 5(2), pp.38-60.

CHAFFIN J. [2012], « Emission trading: Cheap and dirty », *Financial Times*, February 14.

CROPPER M.L., OATES W.E. [1992], « Environmental Economics: A Survey », *Journal of Economic Literature*, 30(2), pp. 675-740.

CRUTZEN P.J. [2002], « Geology of mankind: the anthropocene », *Nature*, 415, p. 23. Traduction en français « La géologie de l'humanité : l'Anthropocène », *Ecologie & Politique*,

34(2), 2007, pp. 143-145 ; Addendum de J. Grinevald, « L'Anthropocène et la révolution thermo-industrielle », pp. 146-148.

CRUTZEN P.J. [2009], *Peut-on survivre à l'ère de l'« Anthropocène »?* Project Syndicate.

DAMIAN M. [2007], « Il faut réévaluer la place de l'adaptation dans la politique climatique », *Natures Sciences Sociétés*, 15, pp. 407-410.

DAMIAN M [2010], « Le prix international du carbone sera-t-il un jour fixé par la Chine ? », *Economie Appliquée*, tome LXIII, no 2, pp. 183-190.

DAMIAN M., ABBAS M. [2007], « Politique climatique et politique commerciale : le projet français de taxe CO_2 aux frontières de l'Europe », *Revue de l'énergie*, 58(578), pp. 221-230.

DAMIAN M., ROUSSET N. [2009], « A Copenhague, la Chine infléchira le devenir des politiques climatiques », *Revue de l'énergie*, 60(591), pp. 293-296.

DEFRIES R. *et al*. [2012], « Planetary Opportunities: A Social Contract for Global Change Science to Contribute to a Sustainable Future », *BioScience*, 62(6), à paraître en juin.

DESSAI S. [2004], *An Analysis of the Role of OPEC as a G77 Member at the UNFCCC*, Report for WWF, December.

DIETZ S, MADDISON D.J. [2009], « New Frontiers in the Economics of Climate Change », *Environmental & Resource Economics*, 43, pp. 295-306.

DOWNING T.E., KATES R.W. [1982], « The International Response to the Threat of Chlorofluorocarbons to Atmospheric Ozone », *AEA Papers and Proceedings*, 72(2), pp.267-272.

ELLERMAN A. D. [2012], « Is Conflating Climate with Energy Policy a Good Idea? » *Economics of Energy & Environmental Policy*, 1(1), pp. 11-23.

ELLERMAN A.D., JOSKOW P.L., SCHMALENSEE R., MONTERO J.P., BAILEY E.M. [2000], *Markets for Clean Air: The U.S. Acid Rain Program*, Cambridge University Press, Cambridge, New York.

ENDERS A., PORGES A. [1992], « Une convention peut-elle être efficace ? Le sauvetage de la couche d'ozone », in K. Anderson, R. Blackhurst (éds.), *Commerce mondial et environnement*, Economica, Paris, pp. 163-180.

ENVIRONMENTAL FINANCE [2009], « US ditches mercury trading plants », February 12.

EUROPEAN COMMISSION [2004], *Comparison of the EU and US Approaches Towards Acidification, Eutrophication and Ground level Ozone*, DG Environment, Brussels, October 4.

FALKNER R. [2005], « The Business of Ozone Layer Protection: Corporate Power in Regime Evolution », in D. L. Levy, P. J. Newell (eds.), *The Business of Global Environmental Governance*, The MIT Press, Cambridge, Mass., London, pp. 105-134.

FINON D. [2012], « Institutions and Electric Systems Transition towards Decarbonisation: The hidden change of the market regime », *Climate Policy*, à paraître.

FINON D., DAMIAN M. [2011], « Le captage et le stockage du carbone, entre nécessité et réalisme », *Nature Sciences Sociétés*, 19(1), pp. 56-61.

FISHER D. R. [2004], *National Governance and the Global Climate Change Regime*, Rowman & Littlefield Publishers, Oxford.

FISHER D. R. [2006], « Bringing the Material Back In: Understanding the United States Position on Climate Change », *Sociological Forum*, 21(3), pp. 467-494.

FISCHER-KOWALSKI M., KRAUSMAN F., STEINBERG J.K., AYRES R.U. [2010], *Towards a low carbon society: Setting targets for a reduction of global resource use*, Social Ecology Working Paper 115, Klagenfurt University, April.

FOELL W., PACHAURI S., SPRENG D., ZERRIFI H. [2011], « Household cooking fuels and technologies in developing economies », *Energy Policy*, 39(12), pp.7487-7496.

FOUQUET R. [2010], « The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service », *Energy Policy*, 38(11), pp. 6586-6596.

FOUQUET R., PEARSON P.J.G. [2012], « The Long Run Demands for Lighting: Elasticities and Rebound Effects in Different Phases of Economic Development », *Economics of Energy & Environmental Policy*, 1(1), pp. 83-100.

GALIANA I., GREEN C. [2009], *An Analysis of a Technology-led Climate Policy as a Response to Climate Change*, McGill University, Copenhagen Consensus Center.

GODARD O. [2010], « Cette ambiguë adaptation au changement climatique », *Natures Sciences Sociétés*, 18(3), pp. 287-297.

GODARD O., HENRY C. [1998], « Les instruments des politiques internationales de l'environnement : la prévention du risque climatique et les mécanismes de permis négociables », in D. Bureau, O. Godard, J.C. Hourcade, A. Lipietz, *Fiscalité de l'environnement*, Conseil d'analyse économique, La Documentation française, Paris, pp. 83-174.

GODARD O., SACHS I. [1978], « Environnement et développement : De l'externalité à l'intégration contextuelle », *Mondes en développement*, 24, pp. 788-814.

GONZALEZ G. [2010], « Trading truncated », *Environmental Finance*, December 17.

GONZALEZ G. [2011], « EPA dismisses scare stories over power regulation », *Environmental Finance*, February 2.

GREFFE X. [1978], « Les ambiguïtés du concept d'externalité », *Mondes en développement*, 23, pp. 563-569.

GRUBB M. [2003], « The Economics of the Kyoto Protocol », *World Economics*, 4 (3), pp. 143-189.

GRÜBLER A. [2008], « Energy transitions », *eoearth.org*, June 3.

GUESNERIE R. [2001], « L'Etat et le Marché : constructions savantes et pensées spontanées », Leçon inaugurale au Collège de France, *Revue d'économie politique*, 111(6), pp.797-814.

GUESNERIE R. [2003a], *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*, Rapport n° 39, Conseil d'analyse économique, La Documentation française, Paris,14 janvier.

GUESNERIE R. [2003b], *Combattre l'effet de serre nous mettra-t-il sur la paille* ? Collection Les Petites Pommes du Savoir, Editions Le Pommier, Paris.

GUESNERIE R., STERNER T. [2009], « Fixons à 2050 la réduction de 50% des émissions de CO2 », *Le Monde*, 21 novembre.

HAAS P.M. [2008], « Climate Change Governance after Bali », *Global Environmental Politics*, 8(3), pp. 1-7.

HANEMANN M. [2008], « California's New Greenhouse Gas Laws », *Review of Envionmental Economics and Policy*, 2(1), pp.114-129.

HANEMANN M. [2009], « The Role of Emission Trading in Domestic Climate Policy », *The Energy Journal*, 30, Special issue 2, pp. 73-108.

HANEMANN M., BUSCH C. [2009], *Climate Change Policy in California: Balancing Markets versus Regulation*, University of California, Berkeley/Center for Resource Solutions, San Francisco.

HELM D. [2011], « Look to gas for the future », *Prospect*, 181, March 24.

HOURCADE J.C., NADAUD F. [2010], *Thirty-five years of long-run energy forecasting: Lessons for climate policy*, Policy Research Working Paper 5298, The World Bank, May.

HULME M. [2007], « The Limits of the Stern Review for Climate Change Policy-making », *British Ecological Society Bulletin*, March, pp.20-21.

HULME M. [2009], *Why We Disagree about Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC [1990], *Climate Change: The IPCC Response Strategies, Working Group III, First Assessment Report (FAR)*, World Meteorological Organisation/United Nations Environment Program, Intergovernmental Panel on Climate Change, October

JACKSON S.C. [2009], « Parallel Pursuit of Near-Term and Long-Term Climate Mitigation », *Science*, 326(5952), pp. 526-527.

JAUREGUY-NAUDIN M. [2011], « Energy Efficiency versus EU ETS: Counterproductive

Tribalism in the Commission », *EU energy policy blog*, September 13.

KERR R.A. [2010], « Do We Have the Energy For the Next Transition », *Science*, 319(5993), pp. 780-781.

LEVY D., EGAN D. [1998], « Capital Contests: National and Transnational Channels of Corporate Influence on the Climate Change Negotiations », *Politics and Society*, 26(3), pp. 337-361.

LINDMARK M., ANDERSSON L.F. [2010], *Unintentional Climate Policy: Swedish Experiences of Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth 1950-2005*, CERE Working Paper 2010:14, Center for Environmental and Resource Economics, Umea University, Sweden, December.

LITFIN K.T. [2000], « Environment, Wealth, and Authority: Global Climate Change and Emerging Modes of Legitimation », *International Studies Review*, 2(2), pp. 119-148.

MARSHALL A. [1907], « The Social Possibilities of Economic Chivalry », *The Economic Journal*, 17(65), pp. 7-29.

MARTIN Y. [1997], « Stratégie nationale du développement durable », *Annales des Mines*, avril, pp. 5-10.

MEYER J.W., FRANCK D.J., HIRONAKA A., SCHOFER E., TUMA N.B. [1997], « The Structuring of a World Environmental Regime, 1870-1990 », *International Organization*, 51 (45), pp. 623-651.

MITCHELL R.B. [2003], « International Environmental Agreements: A Survey of Their Features, Formation, and Effects », *Annual review of Environment and Resources*, 28, pp. 429-461.

MOWERY D.C., NELSON R.R., MARTIN B.R. [2011], « Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work) », *Research Policy*, 39(8), pp. 1011-1023.

NAKICENOVIC N., NORDHAUS W. [2011], « Editors' introduction: The economics of technology to combat global warming », *Energy Economics*, 33, pp. 565-571.

NAVARRO M. [2012], « Reaping a Bonus From Cap-and-Trade », *The New York Times*, January 27.

NORDHAUS T., SHELLENBERGER M. [2007], *Break Through: From the Death of Environmentalism to the Politics of Possibility*, Houghton Mifflin, Boston.

NORDHAUS T., SHELLENBERGER M. [2009], « The Flawed Logic of the Cap-and-Trade Debate », *environment 360*, May 19.

NORDHAUS W.D. [2009], *Economic Issues in Designing a Global Agreement on Global Warming*, Keynote Address Prepared for « Climate Change: Global Risks, Challenges, and Decisions », Copenhagen, March 10-12.

OMORI M. [2006], *The Establishment and Development of Cambridge Environmental Economic Thought*, Environmental Economy and Policy Research Working Papers 19.2006, University of Cambridge.

PACHAURI R. [1992], « The Climate Change Convention…What it May Mean for the Poor », The Center For Our Common Future, Geneva, *Network '92*, 19, pp. 14-15.

PARRY M.L., ARNELL N.W., HULME M., NICHOLLS R., LIVERMORE M.T.J. [1998], « Adapting to the inevitable », *Nature*, 395, p. 741.

PHILIBERT C. [2005], « The role of technological development and policies in a post-Kyoto climate regime », *Climate Policy*, 5(3), pp. 291-308.

POOL S. [2010], *The Proof Is in the Pudding: Regional Greenhouse Gas Initiative Shows Pollution Pricing Works*, Center for American Progress, March 22.

PRINS G., GALIANA I., GREEN C., GRUNMANN R., HULME M., KORHOLA A., LAIRD F., NORDHAUS T., PIELKE JR. R., RAYNER S., SAREWITZ D., SHELLENBERGER M., STEHR N., TEZUKA H. [2010], *The Hartwell Paper: A new direction for climate policy after the crash of 2009*, Institute for Science, Technology and Society, University of Oxford, Mackinder Programme for the Study of Long Wave Events, London School of Economics & Political Science, London, May.

RABE B. [2007], « Environmental Policy and the Bush Era: The Collision Between the Administrative Presidency and State Experimentation », *Publius: The Journal of Federalism*, 37(3), pp. 413-431.

RAYNER S. [2010], « How to eat an elephant: a bottom-up approach to climate change », *Climate Policy*, 10(6), pp.615-621.

RAYNER S., MALONE E.L. [1997], « Zen and the art of climate maintenance », *Nature*, 390, pp. 332-334.

REVKIN A.C. [2011], « A Post-Pollution Path to Global Climate Energy Progress », *The New York Times*, December 12.

SCHELLING T.C. [2007], « Climate Change: The Uncertainties, the Certainties and What They Imply About Action », *The Economists' Voice*: Vol. 4 : Iss. 3, Article 3.

SCHUBERT K. [2009], *Pour la taxe carbone : La politique économique face à la menace climatique*, Editions Rue dUlm/Presses de l'Ecole normale supérieure, Paris.

SHELLENBERGER M., NORDHAUS T. (eds.) [2011], *Love Your Monsters: Postenvironmentalism and the Anthropocene*, Breakthrough Institute, E-book, Kindle Edition.

SINN H.W. [2008], « Public policies against global warming: a supply side approach », *International Tax and Public Finance*, 15(4), pp. 360-394.

SOLOMON B.D. [1995], « Global CO2 Emissions Trading: Early Lessons from the U.S. Acid Rain Program », *Climatic Change*, 30, pp. 75-96.

SOLOMON B.D., KRISHNA K. [2011], « The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook », *Energy Policy*, 39(11), pp. 7422-7421.

STAVINS R. [2011], « A Wave of the Future: International Linkage of Carbon Markets », Outreach, *stakeholderforum.org*, December.

STEFFEN W., SANDERSON A., TYSON P.D., JÄGER J., MATSON P.A., MOORE III B., OLFIELD F., RICHARDSON K., SCHELLNHUBER H.J., TURNER II B.L., WASSON R.J. [2004], *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, Global change-The IGBP Series, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

STERN N. [2006], *Stern Review: The Economics of Climate Change*, HM Treasury, London.

STERN N., RYDGE J. [2012], « The New Energy-industrial Revolution and International Agreement on Climate Change », *Economics of Energy & Environmental Policy*, 1(1), pp. 101-119.

STERNER T. [2011], « Engagements volontaires et croissance verte dans l'ère d'après Copenhague », *Revue d'économie du développement*, 25(4), pp. 115-151.

STERNER T., DAMON M. [2011], « Green growth in the post-Copenhagen climate », *Energy Policy*, 39(11), pp. 7165-7173.

SUN M. [1990], « Emissions Trading Goes Global: Spurred on by critics, the Administration is set to propose a world market in emissions of greenhouse gases », *Science*, 242(4942), February 2, pp. 520-521.

SWYNGEDOUW E. [2010], « Apocalypse Forever ?: Post-political Populism and the Spectre of Climate Change », *Theory, Culture & Society*, 27 (2-3), pp. 213-232.

TABEAUD M., BREDIF H. [2010], « Copenhague: tristes critiques », *EspacesTemps.net*, Actuel, 30 mars.

TAYLOR M.R., RUBIN E.S., HOUNSHELL D.A. [2005], « Regulation as the Mother of Innovation: The Case of SO_2 Control », *Law and Policy*, 27(2), pp. 348-378.

VEHMAS J., KAIVO-OJA J., LUUKKANEN J., MALASKA P. [1999], « Environmental taxes on fuel and electricity – some experiences form the Nordic countries », *Energy Policy*, 27, pp. 343-355.

VESTRENG V., MYHRE G., FAGERI H., REIS S., TARRASON L. [2007], « Twenty-five years of continuous sulphur dioxide reductions in Europe », *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 7, pp. 5099-5143.

WATTS J. [2011], « Rio+20 must 'unenvironmentalise' green issues, says G77 negociator », *The Guardian*, September 12.

WILSON C., GRÜBLER A. [2011], « Lessons from the history of technological change for clean energy scenarios and policies », *Natural Resources Forum*, 35(3), pp. 165-184.