

Enregistré à la présidence de l'Assemblée nationale
le 7 mars 2017

Enregistré à la présidence du Sénat
le 7 mars 2017

RAPPORT

au nom de

**L'OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

sur

**L'APPORT DE L'INNOVATION ET DE L'ÉVALUATION SCIENTIFIQUE
ET TECHNOLOGIQUE À LA MISE EN ŒUVRE DES DÉCISIONS DE LA COP21**

*Compte rendu de l'audition publique du 24 novembre 2016
et de la présentation des conclusions du 22 février 2017*

PAR

M. Jean-Yves LE DÉAUT, député, et M. Bruno SIDO, sénateur

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale
par M. Jean-Yves LE DÉAUT,
Président de l'Office

Déposé sur le Bureau du Sénat
par M. Bruno SIDO,
Premier vice-président de l'Office

Composition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Président

M. Jean-Yves LE DÉAUT, député

Premier vice-président

M. Bruno SIDO, sénateur

Vice-présidents

M. Christian BATAILLE, député
Mme Anne-Yvonne LE DAIN, députée
M. Jean-Sébastien VIALATTE, député

M. Roland COURTEAU, sénateur
M. Christian NAMY, sénateur
Mme Catherine PROCACCIA, sénatrice

DÉPUTÉS

M. Bernard ACCOYER
M. Gérard BAPT
M. Christian BATAILLE
M. Alain CLAEYS
M. Claude de GANAY
Mme Françoise GUÉGOT
M. Patrick HETZEL
M. Laurent KALINOWSKI
Mme Anne-Yvonne LE DAIN
M. Jean-Yves LE DÉAUT
M. Alain MARTY
M. Philippe NAUCHE
Mme Maud OLIVIER
Mme Dominique ORLIAC
M. Bertrand PANCHER
M. Jean-Louis TOURAINE
M. Jean-Sébastien VIALATTE

SÉNATEURS

M. Patrick ABATE
M. Gilbert BARBIER
Mme Delphine BATAILLE
M. Michel BERSON
M. François COMMEINHES
M. Roland COURTEAU
Mme Catherine GÉNISSON
Mme Dominique GILLOT
M. Alain HOUPERT
Mme Fabienne KELLER
M. Jean-Pierre LELEUX
M. Gérard LONGUET
M. Pierre MÉDEVIELLE
M. Franck MONTAUGÉ
M. Christian NAMY
M. Hervé POHER
Mme Catherine PROCACCIA
M. Bruno SIDO

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	9
M. Jean-Yves Le Déaut, député, président de l'OPECST	9
M. Jean Jouzel, membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), prix Nobel de la paix 2007 au nom du GIEC, médaille d'or du CNRS	11
Mme Laurence Tubiana, ambassadrice pour les négociations climatiques	13
M. Carlos Moedas, commissaire européen à la recherche, à la science et à l'innovation	17
 PREMIÈRE TABLE RONDE : LA MISE EN ŒUVRE PAR LES ÉTATS DES ENGAGEMENTS DE SOUTIEN À L'INNOVATION PRIS DANS LE CADRE DE LA COP21. LES AVANCÉES ATTENDUES DES RUPTURES TECHNOLOGIQUES DANS L'UNION EUROPÉENNE ET LES PAYS DU SUD	 21
<i>Présidence de Mme Anne-Yvonne Le Dain, députée, vice-présidente de l'OPECST, et de Mme Delphine Bataille, sénatrice</i>	21
Mme Delphine Bataille, sénatrice	21
Mme Anne-Yvonne Le Dain, députée, vice-présidente de l'OPECST	22
Mme Danielle Auroi, présidente de la Commission des affaires européennes de l'Assemblée nationale	24
M. Georges Károlyi, ambassadeur de Hongrie en France	25
Mme Line Beauchamp, déléguée générale du Québec à Paris	27
M. Stéphane Cools, président <i>ad interim</i> de l'Agence wallonne de l'air et du climat (AwAC)	29
Mme Sylvie Lemmet, directrice des affaires européennes et internationales au ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer	31
M. Antoine Bonduelle, membre du bureau exécutif du réseau Action Climat France	32
Mme Valérie Masson-Delmotte, chercheuse au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), membre du conseil stratégique de la recherche (CSR), co-présidente du groupe I du GIEC, membre du conseil scientifique de l'OPECST	33
M. Pierre Radanne, président de l'Association 4D (Dossiers et Débats pour le Développement Durable), conseiller des pays d'Afrique francophone dans les négociations sur le climat	35
Mme Agathe Euzen, directrice adjointe de l'Institut écologie et environnement du Centre national de la recherche scientifique (CNRS)	36
M. Yves Bamberger, membre de l'Académie des technologies	37

M. Stéphane Siebert, directeur de la recherche technologique du CEA	38
DÉBAT	39
DEUXIÈME TABLE RONDE : LES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES SECTORIELS ENVISAGÉS DANS LES DOMAINES DE L'HABITAT, DE LA MOBILITÉ ET DE L'AGRICULTURE POUR RÉSOUDRE LES PROBLÈMES LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	43
<i>Présidence de Mme Catherine Procaccia, sénateur, vice-présidente de l'OPECST</i>	43
Mme Catherine Procaccia, sénateur, vice-présidente de l'OPECST	43
M. Philippe Mauguin, président de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA)	44
M. Pierre Dechamps, administrateur à la direction générale recherche et innovation de la Commission européenne	45
M. Philippe Pelletier, avocat d'affaires	46
M. Daniel Clément, directeur scientifique adjoint de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)	47
M. Hervé Charrue, directeur de la recherche et du développement du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)	48
M. Nicolas Le Bigot, directeur des affaires environnementales et techniques du Comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA)	49
Mme Lorelei Limousin, responsable des politiques transports-climat au Réseau Action Climat-France	51
M. Pascal Laude, directeur efficacité énergétique et énergie Grand Est pour EDF	52
M. Dominique Herrier, directeur adjoint du Centre de résultats transports d'IFP Énergies nouvelles	53
M. Pascal Lecomte, chef du bureau climat à l'Agence spatiale européenne (ESA)	55
M. Joseph Beretta, président d'Avere-France	56
Mme Claire Weil, membre de la mission scientifique environnement de l'INRA	57
M. Yves Bamberger, membre de l'Académie des technologies	59
DÉBAT	60
TROISIÈME TABLE RONDE : L'IMPLICATION ET L'INTERACTION DES ACTEURS DE LA LUTTE CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE EN FAVEUR DE SOLUTIONS RÉALISABLES TECHNOLOGIQUEMENT ET SOCIALEMENT ACCEPTABLES	67
<i>Présidence de M. Jean-Paul Chanteguet, député, président de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale</i>	67
M. René Longet, expert en développement durable, Association Cité de l'énergie (Suisse)	69
Mme Stéphanie Thiébault, directrice de l'Institut écologie et environnement du CNRS	70
Mme Célia Blauel, adjointe à la mairie de Paris, chargée de l'environnement, du développement durable, de l'eau, de la politique des canaux et du plan climat/énergie territorial	72
M. Jean-Michel Valantin, haut fonctionnaire au développement durable à la direction générale de l'enseignement scolaire du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche	74
Mme Françoise Waintrop, cheffe de mission au Secrétariat général pour la modernisation de l'action publique (SGMAP)	75
M. Jean-Guy Devezeaux de Lavergne, directeur de l'Institut de technico-économie des systèmes énergétiques du CEA, représentant de l'Alliance Ancre. Je vais vous	

parler au nom de l'Ancre, l'association nationale de coordination de la recherche pour l'énergie qui collabore très souvent avec l'Office sur un rythme que nous avons estimé à six fois par an actuellement.	76
Mme Marie-Hélène Schwoob, chercheuse transitions agricoles et alimentaires à l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI).....	77
Mme Anne Salles, maître de conférences en civilisation allemande à l'université Paris-Sorbonne, Paris IV.....	79
Mme Claire Tutenuit, déléguée générale de l'Association française des entreprises pour l'environnement (EpE).....	80
M. Gilles Vermot Desroches, représentant de Schneider Electric France et du Gimélec (Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés), président du comité COP du MEDEF.....	82
M. Didier Roux, directeur de la recherche et de l'innovation de Saint-Gobain, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies	83
M. Patrice Noailles-Siméon, secrétaire du Collectif innovation 2017.....	84
DÉBAT	85
CONCLUSION DES DÉBATS	93
M. Jean-Paul Chanteguet, député, président de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale.....	93
M. Jean-Yves Le Déaut, député, président de l'OPECST	94
CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE PRÉSENTÉES AUX MEMBRES DE L'OPECST	99
EXTRAIT DE LA RÉUNION DE L'OPECST DU 22 FÉVRIER 2017 PRÉSENTANT LES CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE	105
ANNEXES	107
ANNEXE 1 : CONTRIBUTION DE COÉNOVE SUR LE THÈME : QUELS PROGRÈS TECHNOLOGIQUES SONT ENVISAGÉS DANS LES CINQ ANNÉES À VENIR DANS LE DOMAINE DE L'HABITAT ?	109
ANNEXE 2 : CONTRIBUTION DU GIMÉLEC SUR LE THÈME : LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE COMME FREIN À L'ATTEINTE DES OBJECTIFS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE	111
ANNEXE 3 : CONTRIBUTION D'IGNES SUR LE THÈME : RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS	117
ANNEXE 4 : NOTE DE LA COMMISSION EUROPÉENNE DE MARS 2015 SUR LES SUBVENTIONS ACCORDÉES AUX ÉNERGIES FOSSILES EN EUROPE	123

INTRODUCTION

M. Jean-Yves Le Déaut, député, président de l'OPECST. J'ai le plaisir d'ouvrir cette audition publique de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques qui fait suite au débat organisé ce matin sous le haut patronage de Claude Bartolone, Président de l'Assemblée nationale à l'hôtel de Lassay sur les enjeux et l'état des résolutions prises par la COP21 et la COP22. Cette audition est organisée conjointement par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques et par la Commission du développement durable. Son président, Jean-Paul Chanteguet, va nous rejoindre prochainement.

Je voudrais d'abord souhaiter la bienvenue à Carlos Moedas, commissaire européen à la recherche, à la science et à l'innovation qui nous fait l'honneur d'être présent cet après-midi et que nous remercions. Après les exposés introductifs, nous regarderons une vidéo de Jean Jouzel, qui est à Rome mais qui est venu, il y a quelques jours, me parler des enjeux de l'innovation dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Nous aurons trois tables rondes, la première traitera de « *la mise en œuvre par les états des engagements de soutien à l'innovation pris dans le cadre de la COP21* ». Comme je le disais en conclusion des travaux de ce matin, nous avons, en effet, des problèmes de financement des décisions prises à la COP, mais nous avons aussi des problèmes d'innovation et de développement des technologies pour résoudre un certain nombre de problèmes, notamment sur le stockage de l'énergie. On en parle peu, bien que l'article 10 de l'Accord de Paris le précise et soit très clair.

La deuxième table ronde portera sur « *les progrès technologiques sectoriels envisagés dans les domaines de l'habitat, de la mobilité et de l'agriculture* ».

La troisième table ronde portera sur « *l'implication et l'interaction des acteurs de la lutte contre le réchauffement climatique* » car, s'il y a des solutions qui sont, quelquefois, technologiquement réalisables, il faut qu'elles soient socialement acceptables. Nous aborderons ainsi le lien et l'interaction entre la science et la société.

Le choix de cet après-midi est, bien sûr, volontairement axé sur l'article 10 car c'est notre rôle à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. C'est, en effet, notre mission, car la loi dit que, dans le cadre du Parlement, l'Office recueille des informations, met en œuvre des programmes d'étude et procède à des évaluations en amont de la législation ou de la fabrication de la loi. C'est ainsi que, depuis plus de trente ans, l'OPECST a publié des rapports sur environ deux-cents thèmes, qu'il organise dans cette salle des

auditions collectives, publiques, contradictoires. Nous pensons effectivement que l'un des moyens pour évaluer technologiquement un certain nombre de développements, est d'organiser une confrontation des idées entre des parlementaires, des scientifiques, des ministres, des présidents de grands organismes de recherche, des entreprises, des ONG et des académies.

Je salue aujourd'hui, plus particulièrement, mes collègues vice-présidents, députés, sénateurs, Mme Danielle Auroi, présidente de la Commission aux affaires européennes de l'Assemblée nationale, les vice-présidents de l'Office qui sont ici présents et M. Jean-Paul Chanteguet, président de la Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire qui va nous rejoindre.

Ce matin, nous avons parlé longuement de l'Accord de Paris et de l'Accord de Marrakech, qui est maintenant ratifié par plus de cinquante-cinq États qui représentent plus de 55 % des émissions. C'est un succès qui est le résultat d'une diplomatie particulièrement active et traduit une prise de conscience nouvelle des contraintes auxquelles nous devons répondre : les dérèglements climatiques se multiplient, deviennent plus violents, le désert progresse, ce qui entraîne d'ores et déjà des problèmes alimentaires. La fonte de la calotte glaciaire menace de plus en plus les États insulaires.

L'accord de Paris met fin, par ailleurs, à une période de débat sans conclusion – je le dis en présence de Laurence Tubiana, que je salue. Il y a urgence à agir, c'est ce que nous avons souhaité faire. Cet accord est novateur car l'article 10 est propice à l'innovation, même si on parle plus du financement que de l'innovation. Mais nous faisons partie de ceux, au niveau européen, en *technology assessment* – nous sommes membres de l'*European Parliamentary Technology Assessment* (EPTA) –, qui disent qu'à innovation constante, nous n'arriverons sans doute pas à nos objectifs. Il faut donc à la fois agir sur les financements et agir sur ce fameux article 10 de l'Accord de Paris.

Les réflexions de Marrakech sont dans la droite ligne de celles de Paris. Nous sommes engagés dans un processus de long terme. Nous avons parlé de l'horizon 2050. J'ai été le président de la première mission d'information sur le réchauffement climatique à l'Assemblée nationale il y a maintenant plus d'une dizaine d'années. Nathalie Kosciusko-Morizet en était le rapporteur. Nous avons alors dit que c'était le défi majeur. Cela reste le défi majeur et il est évident, comme le disait Claude Bartolone ce matin, qu'il faut tourner la page du charbon. Il n'empêche que, pour tourner la page du charbon, il faut développer d'autres technologies et être plus sobre et plus efficace. Nous comptons, Monsieur le Commissaire, sur l'Europe pour le réaliser.

Chacun des orateurs pourra s'exprimer trois ou quatre minutes, afin que nous puissions avoir un véritable débat. C'est notre marque de fabrique, je vous demanderai de la respecter.

Jean Jouzel, qui n'a pas pu être présent, est venu me voir et nous avons fait une vidéo de cinq minutes que nous allons regarder avant que je donne la parole à Laurence Tubiana et à Carlos Moedas.

Cette vidéo commence par une première série de questions que je lui ai posées : quels sont les changements induits par l'élection d'un nouveau président aux États-Unis, qui prétend que, pour lui, l'Accord de Paris n'existe pas ? Pourrait-on se passer de cet accord ? Le soutien de la Chine et de l'Union européenne sera-t-il suffisant ? Les premières décisions ont-elles permis de transformer les intentions proclamées en actions concrètes ?

M. Jean Jouzel, membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), prix Nobel de la paix 2007 au nom du GIEC, médaille d'or du CNRS. Pour un climatologue, les nouvelles sont assez mauvaises. Les États-Unis, deuxième pays émetteur, vont être gouvernés dans deux mois par Donald Trump, qui a dit que le réchauffement climatique était un canular. Les États-Unis pourraient aussi ne rien faire, ce qui serait peut-être la solution la plus facile pour le nouveau président. Ce n'est pas du tout bon signe.

Techniquement, l'accord est là puisqu'il a été ratifié. La première réunion des pays signataires se tient à Marrakech et l'état d'esprit ne va pas du tout être le même que si Hillary Clinton avait été élue. La difficulté à laquelle aura à faire face Donald Trump sera la pollution en Chine. Ce pays va de l'avant mais c'est aussi le *leadership* de la planète qui est en jeu. C'est, en effet, le pays ou le bloc de pays – cela peut être l'Europe – qui prendra le *leadership* de la lutte contre le réchauffement climatique qui sera en meilleure position, non seulement sur les aspects écologiques et les effets de serre, mais aussi sur les aspects économiques.

M. Jean-Yves Le Déaut. Finalement, le risque ne serait pas l'accord en soi, mais le fait que l'on ne fasse rien et que les États-Unis ne fassent rien. Les déclarations diplomatiques se sont-elles traduites en actions concrètes depuis un an ?

M. Jean Jouzel. En Europe, les émissions diminuent, pas très rapidement, mais je crois que l'Europe atteindra l'objectif de - 20 % qu'elle s'est fixé à horizon 2020. Les États-Unis, où les émissions diminuent légèrement, se sont engagés dans des trajectoires qui pourraient les amener à être en phase avec leur engagement qui est de l'ordre de - 25 à - 28 % en 2025. Cela reste possible, sans grand effort d'ailleurs, puisque remplacer le charbon par le gaz contribue à diminuer les émissions. En Chine, les émissions commencent à plafonner et le pays s'est engagé à avoir un pic avant 2030, mais il pourrait être atteint d'ici 2020 si les Chinois y mettaient beaucoup de bonne volonté.

M. Jean-Yves Le Déaut. L'article 10 de l'Accord de Paris stipule qu'il est essentiel d'accélérer, d'encourager et de permettre l'innovation pour une riposte mondiale, efficace à long terme face au changement climatique, au service de la croissance économique et du développement durable. Cet article est-il mis en

œuvre ? Peut-on s'attendre à d'éventuelles ruptures technologiques, par exemple sur le stockage de l'énergie ?

M. Jean Jouzel. C'est indispensable. Les engagements des pays sont à peu près calibrés par rapport à ce qu'ils peuvent faire actuellement. Si nous voulons que l'objectif des 2 degrés soit respecté, il faut des ruptures technologiques pour combler le fossé de 35 % à 40 % à l'horizon 2030. Il faut beaucoup d'innovations, d'inventivité. L'innovation doit aussi porter sur les usages et pas simplement sur la production d'énergie. Il faut des ruptures technologiques dans le stockage de l'énergie, mais aussi dans les matériaux qui sont utilisés pour produire les panneaux solaires ; il faut des matériaux qui soient facilement accessibles et qui ne polluent pas. Les batteries sont confrontées au même problème.

M. Jean-Yves Le Déaut. De manière pratique, peut-on donner des exemples dans les domaines de l'énergie, de l'habitat, des mobilités ou de l'agriculture ?

M. Jean Jouzel. Depuis le Grenelle de l'environnement et la loi sur la transition énergétique, on ne construit plus du tout, en France, comme on construisait il y a quinze ans. Il y a de réels progrès. Dans l'énergie, la croissance la plus importante est du côté des renouvelables. Il y a une diminution du coût du solaire, d'un facteur 5, donc, il y a de vrais progrès. Ce sont ces progrès-là qu'il faut amplifier. Il y a encore des difficultés à inscrire cette lutte contre le réchauffement climatique dans le monde agricole.

M. Jean-Yves Le Déaut. Dans le bâtiment, il y a des difficultés à travailler sur la gestion active de l'énergie, on le voit avec les compteurs Linky. Il en est de même pour le manque de mesure de la performance énergétique globale.

M. Jean Jouzel. Si nous prenons le cas de Linky, on impose quelque chose et, en plus, on fait payer le client, sans qu'il y ait vraiment eu de concertation.

M. Jean-Yves Le Déaut. Quand on voit qu'il y a à peu près 12 millions de logements qui devraient être rénovés, avec des propriétaires qui n'ont aucune marge financière, est-ce que l'on n'aurait pas pu innover ?

M. Jean Jouzel. Il manque, effectivement, d'inventivité dans les moyens financiers envisagés. Il faut vraiment faire plus qu'inciter et aller plus loin que la législation actuelle.

M. Jean-Yves Le Déaut. Il faut, enfin, mobiliser la société civile dans la lutte contre le réchauffement climatique et, éventuellement, dans la promotion des innovations qui permettent de lutter contre le réchauffement climatique. Est-ce que nous en avons assez fait en termes d'éducation ? Est-ce que la presse fait assez d'explications ? Les institutions et, notamment, les académies, en font-elles

assez ? Le GIEC ne pourrait-il pas également faire de la pédagogie, au-delà de son diagnostic ?

M. Jean Jouzel. Le GIEC essaie de faire de la pédagogie. Ce n'est pas réellement inscrit dans ses missions, mais il a maintenant une cellule de communication. Le GIEC s'investit, par exemple, à Marrakech, dans l'éducation. La semaine dernière, Pierre Léonard organisait, au titre de l'Académie, une journée sur l'éducation au réchauffement climatique et il y avait beaucoup de monde. Ceci étant, nous-mêmes, le comité scientifique, ne sommes peut-être pas assez actifs. Mais nous essayons vraiment. Je crois que nous sommes conscients que nous ne devons pas rester dans notre tour d'ivoire. Beaucoup de jeunes collègues ont envie d'aller à l'extérieur et répondent aux demandes des écoles, des lycées par rapport au réchauffement climatique, mais ce n'est effectivement pas assez. S'il y a de bons médias en France, et si les médias écrits sont de bonne qualité, il n'y a, en revanche, plus de grande émission scientifique à la radio et à la télévision.

M. Jean-Yves Le Déaut. À l'OPECST, nous pensons qu'il faut réfléchir en amont de la législation et que des contacts réguliers entre les scientifiques et les parlementaires sont indispensables.

M. Jean Jouzel. Du côté de la communauté scientifique, nous sommes toujours très heureux d'interagir avec les décideurs politiques au sens large, et avec le législateur.

M. Jean-Yves Le Déaut. Merci à Jean Jouzel, qui ne pouvait être là mais qui a pu s'adresser à nous. Je donne sans plus tarder la parole à Laurence Tubiana, ambassadrice pour les négociations climatiques.

Mme Laurence Tubiana, ambassadrice pour les négociations climatiques. Merci pour cette invitation de l'OPECST et merci aussi aux commissions parlementaires. Il est bon que nous ayons un moment de réflexion dans une période troublée, comme l'a dit Jean Jouzel, et où il faut rassembler les forces et avoir une direction claire d'action.

Je me réjouis de la présence de Carlos Moedas, car je crois que le rôle de l'Europe va être extrêmement important dans la mise en œuvre de l'Accord de Paris, qu'il s'agisse, en particulier, du rôle de la communauté scientifique et de l'innovation et, plus largement, de la question de l'évaluation.

Un petit rappel de la mécanique de l'Accord de Paris, pour que nous comprenions à chaque fois quel va être le rôle de la communauté scientifique, d'une part, et le rôle de l'innovation, d'autre part. Vous savez que, dans l'article 2 de l'accord, nous avons dessiné ce que devaient en être les objectifs globaux, en particulier en termes de limitation des températures et de la progression vers des émissions nettes zéro dans la deuxième moitié du XXI^e siècle. Cela veut dire, par rapport aux discussions précédentes qui ont eu lieu sur le climat – je pense, en particulier, au protocole de Kyoto et aux accords autour de Copenhague quelques

années après – que nous sommes dans une perspective de transformation des économies beaucoup plus profonde, parce que les différents rapports du GIEC ont montré que le raisonnement sur le budget carbone n'était pas adapté à la réalité du problème, pour des raisons sur lesquelles je ne reviendrai pas – je suis sûre que Valérie Masson-Delmotte pourra le faire bien mieux que moi.

Cet objectif global, bien en dessous de 2 degrés, signifie des émissions nettes zéro. Pour y répondre, qu'avons-nous ? Un article sur la réduction des émissions, qui est une mécanique assez compliquée puisque, contrairement à Kyoto où nous nous étions mis d'accord sur des objectifs globaux, même s'ils étaient déclinés par pays, nous partons de l'offre unilatérale des pays qui disent ce qu'ils peuvent faire d'ici 2030. C'est ce que l'on appelle les contributions nationales – une sorte de plans climat – qui fixent des objectifs quantifiés de réduction d'émissions, souvent d'ailleurs en termes relatifs. Nous savons, et la communauté scientifique la première, évaluer ces offres et montrer que nous sommes plutôt sur une trajectoire menant au-dessus de 2,7 degrés, donc, ne correspondant pas à l'objectif global. Sachant cela, en préparant l'Accord de Paris, nous avons institué un mécanisme de révision à la hausse de ces contributions nationales tous les cinq ans pour rattraper progressivement le retard. Ce bilan tous les cinq ans, global, a pour objectif de nous demander où nous en sommes et, au fond, de refaire pression sur tous. L'invitation pour tous les pays de dessiner leur stratégie à long terme visant 2050 est cohérente, mais ce n'est pas le cas des contributions nationales où il n'y a pas d'exigence de contrainte, puisqu'encore une fois, ce sont des offres unilatérales. Ces stratégies 2050, en revanche, doivent être proposées en cohérence avec l'objectif d'être en dessous de 2 degrés, donc, dans la perspective de réduction des émissions nettes zéro dans la deuxième moitié.

C'est dans cette mécanique qu'il faut essayer de repenser le rôle de la communauté scientifique et le rôle de l'innovation. Un petit mot sur l'innovation, un peu plus largement : l'Accord de Paris, et c'est ce que j'ai proposé à Laurent Fabius quand j'ai pris mes fonctions, ne devait pas être conçu seulement comme un accord entre gouvernements mais comme un alignement des objectifs de beaucoup d'acteurs différents : les gouvernements, qui signent et pour qui c'est une obligation, mais aussi les autres institutions qui ont une influence sur ce que l'on appelle ce grand régime climat. Ce sont les investisseurs, les organisations financières multilatérales, en particulier les banques de développement, et cela concerne tous les secteurs, l'aviation, tout ce qui régule le transport maritime et la régulation des gaz à effet de serre, qui ne sont pas dans la convention climat, c'est-à-dire le protocole de Montréal avec les gaz réfrigérants. Au regard de la solidité de l'Accord de Paris, c'est important de penser de cette manière, parce que nous sommes en pleine période de test de sa résilience. L'élection de M. Trump va montrer que cet accord ne dépend pas de décisions unilatérales d'un pays mais qu'il est soutenu parce que c'est un partage des objectifs par beaucoup d'acteurs. Parmi eux, il y a les entreprises privées et les collectivités locales, qui ont été des acteurs tout à fait importants de la réalisation de Paris et, notamment, du soutien d'un objectif ambitieux reposant sur l'idée qu'il faut un composant d'innovation

fort. C'est pour cela que nous avons conçu à toute vitesse la mission innovation, puisque les premières discussions que j'ai eues avec Bill Gates remontent à mai 2015.

Cela nous a permis, avant le 12 décembre 2015, tout au début de la COP21, de lancer la mission innovation qui a consisté en un *deal* très intéressant dans son concept : demander aux vingt pays les plus émetteurs et les plus importants en matière de recherche et développement de s'engager sur le doublement de leur financement de R&D sur l'énergie propre ; en contrepartie, un certain nombre d'investisseurs de capital-risque se mettraient d'accord pour investir au-delà des horizons temporels habituels, donc, plutôt sur des horizons temporels de dix à quinze ans, ce qui est tout à fait exceptionnel pour des investissements de capital-risque, dans les pays qui auraient vraiment fait cet effort de doublement des financements publics. Avec Carlos Moedas, nous avons vu à San Francisco cette mission innovation avancer et ce groupe des vingt-huit investisseurs se mettre d'accord pour aller vers l'investissement dans des technologies qui manquent encore aujourd'hui.

L'innovation fait partie du tissu que nous avons tissé. Dans toute cette horizontalité des acteurs autour de l'Accord de Paris, l'acteur innovation est incarné, d'une part, par ces gouvernements qui ont pris des engagements et, d'autre part, par ces investisseurs. C'est très important d'y penser, parce que c'est comme cela que l'Inde, à travers l'implication du Premier ministre Modi, a décidé de se rallier à la dynamique de Paris. Alors que l'Inde jusque-là avait été très réticente, le fait que nous ayons mis entre les mains de M. Modi le lancement de cette mission – ce qu'il a fait aussi en parallèle de ce qu'il appelle l'alliance solaire – montrait qu'il y avait un facteur puissant d'optimisme. Pourquoi l'Inde entrerait-elle dans un accord qui l'engage sur une réduction de ses émissions à terme, alors qu'elle est en pleine croissance économique et qu'il s'agit de donner de l'énergie à de plus en plus de personnes ? Parce qu'il y avait une confiance fondamentale de l'Inde, et de M. Modi en particulier, dans le rôle de l'innovation. C'est-à-dire que l'on pouvait avoir une croissance économique, un développement économique, un accès à l'énergie pour tous, parce qu'il y avait des innovations technologiques derrière.

L'Accord de Paris sans l'innovation, ce n'était pas possible, parce que nous n'aurions pas eu d'autres pays, l'Inde en particulier. C'est vrai aussi pour des pays comme ceux du Golfe et, surtout, l'Arabie Saoudite, et pour beaucoup d'autres. Dans cette grande incertitude, puisque personne ne sait comment l'on arrivera aux émissions nettes zéro pour la deuxième moitié du siècle, chacun a pu se dire que, dans cet horizon qui est encore incertain, on se donne des protections, des garanties, des assurances et que l'innovation est une grande assurance.

Dès le départ, nous avons l'innovation dans l'Accord de Paris. Maintenant, l'innovation va jouer son rôle dans la mécanique de la révision des contributions nationales. Comment faire ? Les pays ont fait des propositions qui sont très conservatrices, par sécurité, parce qu'ils ne savaient pas à quoi allait ressembler

l'accord, parce qu'ils ont fait des propositions avant l'Accord de Paris et parce qu'ils ont du mal à formuler leurs hypothèses de travail pour évaluer où ils en seront dans dix, quinze ou vingt ans. Ils sont mal informés. Je vois là un premier rôle très important de la communauté scientifique : donner à ces gouvernements une meilleure lecture, une meilleure information, une meilleure compréhension des enjeux d'innovation sur lesquels ils peuvent compter.

Du coup, beaucoup d'entre eux ont projeté leur avenir en 2030 à l'image de ce qu'ils vivent aujourd'hui, souvent en assumant des coûts de technologie qui ont été dépassés par les faits, puisque nous savons que notamment sur le solaire, nous sommes entrés dans une dynamique de réduction des coûts qui est loin d'être terminée. Tous ont fait des contributions avec univers technologique quasiment inchangé. Or, bien sûr, ce n'est pas ce qui va se passer. Il faut donc se demander comment l'on communique à des gouvernements la connaissance scientifique, la compréhension de l'innovation et de son rythme, les hypothèses que l'on peut faire sur l'évolution envisagée et comment on partage ce qui est toujours une vision de l'avenir. Je vais revenir sur les stratégies 2050, mais déjà dans les contributions nationales pour 2030, c'est tout à fait important.

La communauté scientifique peut aussi être le tiers qui regarde. Le bilan tous les cinq ans est très important. Il est aussi très important de se dire qu'il faut que la communauté scientifique soit le témoin de la qualité de la performance et de la profondeur des actions que nous entreprenons, et j'y ai veillé particulièrement cette année avec ma co-championne Akima El Haite. Pourquoi ? Depuis Kyoto, nous étions encore dans un raisonnement de transformation incrémental, additionnel, pas du tout de transformation profonde. Tous ceux qui disent : « *On veut faire des choses pour le changement climatique, on veut réduire ces émissions* » le font souvent avec des métriques qui ne correspondent pas à l'effort qui est attendu. Donc, ce rappel, cette corde de rappel, ce rapport entre : « *Voilà le budget carbone, voilà où vous en êtes, voilà en quoi votre action est cohérente ou incohérente par rapport à ce budget* », constituent un rôle fondamental pour la communauté scientifique. Le bilan tous les cinq ans s'appuiera aussi sur les rapports du GIEC, en particulier le prochain rapport qui va essayer de comprendre ce que veut dire avoir une limitation des températures de 1,5 degré par rapport à ce budget carbone. Je crois que cette corde de rappel a joué un rôle essentiel pour amener tous les pays autour de la table. Sans la communauté scientifique, nous n'aurions pas eu, c'est évident, l'Accord de Paris. Tout le monde le sait.

Il faut donc une évaluation, un tiers qui regarde et qui rappelle la profondeur de la transformation engagée et là où nous en sommes. Puis, dans ces stratégies de long terme, il y a quelque chose dans lequel je mets personnellement beaucoup de conviction. J'ai voulu le voir dans l'Accord de Paris, cela a été finalement obtenu et c'est maintenant lancé à Marrakech. Nous avons lancé une plateforme sur les stratégies 2050 de décarbonation profonde, où un certain nombre de pays se sont engagés à mettre en place leur stratégie rapidement. Ils se sont associés à des entreprises, des collectivités locales en grand nombre, des

régions et des provinces dans les états fédérés, avec l'idée suivante : à quoi ressemblera notre économie, notre société en 2050, compatible avec la trajectoire dont nous avons besoin pour être en dessous des 2 degrés ?

Il nous faudra une mobilisation tout à fait importante de la communauté scientifique et de la communauté de la recherche et du développement pour pouvoir donner des hypothèses qui puissent faire travailler ces gouvernements, pour qu'ils puissent dessiner un avenir plus optimiste, qui commence vraiment à intégrer ce qu'est le rythme de l'innovation, surtout lorsque nous nous mettons à cet horizon de temps. Ce que j'ai dit pour les contributions nationales est encore plus vrai dans ce domaine. Si nous n'avons pas vraiment un dialogue très étroit entre les scientifiques et les gouvernements sur ce futur, forcément, les gouvernements auront peur, les entreprises auront peur, les collectivités locales auront peur. On peut avoir peur du climat, mais on peut aussi rester paralysés. L'optimisme, l'action, la mise en mouvement vient du partage des solutions, de la vision de ces solutions et de la façon de les mettre en œuvre. Nous savons que nous ne pouvons pas juste laisser se développer cette innovation toute seule, il faut beaucoup de ressources, et je salue vraiment le travail que fait le commissaire européen à la recherche, parce que c'est là que nous avons un rôle de leadership tout à fait clair et net. Le commissaire s'est d'ailleurs engagé dans un travail de réflexion sur ces stratégies de décarbonation à 2050. Je crois que c'est ce qui va permettre de changer la représentation du futur qui est aujourd'hui dominante, c'est-à-dire une représentation de l'impossibilité.

M. Jean-Yves Le Déaut. Merci, Laurence Tubiana. Je crois que le débat est bien cadré. Je donne tout de suite la parole à Carlos Moedas qui va répondre à l'interpellation qui vient d'être lancée.

M. Carlos Moedas, commissaire européen à la recherche, à la science et à l'innovation. C'est avec énormément de plaisir que je suis ici, je suis aussi très content de retrouver Laurence Tubiana. Je voudrais commencer par remercier la France. Je pense que dans les temps que nous vivons, des temps difficiles pour l'Europe et pour le monde, la France est le porte-drapeau de ce que j'appelle l'identité européenne. Je pense que la meilleure définition que j'ai vue de cette identité européenne – qu'est-ce que c'est qu'être Européen – a été donnée par un Français, Pascal Lamy, un homme qui a fait beaucoup pour l'Europe, ce grand Européen disait que, nous, les Européens, avons trois points communs quand on regarde les différents pays : une très grande intolérance à l'inégalité ; un équilibre entre le collectif et l'individuel ; une préoccupation sur tous les sujets du climat et de l'environnement. La France a eu un rôle de porte-drapeau, un rôle qui restera dans l'histoire.

Je commencerai par vous dire ce que je pense de l'importance du rôle de l'innovation dans le climat. Dans notre budget à horizon 2020, dans le plus grand programme de recherche et d'innovation du monde, 35 % sont consacrés à des actions dans le domaine du climat. Mais il faut expliquer. Quand je vais dans des conférences, j'ai toujours des questions : « *Pourquoi ? Comment ? Où ?* »

Laurence Tubiana se souvenait de ce meeting que nous avons eu avec Bill Gates. Quand Bill Gates parle des émissions de carbone, il utilise une expression que j'avais d'ailleurs apprise ici quand je faisais mes études d'ingénieur en France : l'identité de Kaya. Pour expliquer l'importance de l'innovation, il faut revenir sur des concepts.

Cette équation de Kaya – beaucoup d'entre vous la connaissent mieux que moi – est une multiplication de quatre facteurs :

- la population, et nous savons que la population du monde est en train de croître, c'est très bon signe ;

- les services que cette population utilise, et c'est aussi notre objectif que la population ait de plus en plus de services. La multiplication de la population par les services est et sera de plus en plus positive ;

- l'énergie que nous dépensons pour fournir ces services à cette population et la capacité de l'énergie nécessaire. C'est donc l'efficacité énergétique et nous travaillons dessus ;

- les émissions de carbone dont nous avons besoin pour fournir cette énergie pour fournir ces services à cette population. C'est l'innovation et la technologie.

D'où l'importance que nous donnons à l'innovation et la technologie, car sans innovation et technologie, nous n'allons jamais amener cette équation, ce produit de quatre facteurs, près de zéro. Laurence Tubiana parlait des émissions nettes zéro. Pour que : population \times services \times énergie \times carbone approche zéro, il faut réduire un des facteurs à zéro. Or la population ne va pas se réduire à zéro, heureusement, les services non plus, l'énergie nécessaire par service non plus (elle sera plus efficace mais elle n'arrivera jamais à zéro). Il reste le carbone dont nous avons besoin pour produire cette énergie. L'objectif de la Commission est de nous impliquer dans l'innovation et la technologie dans ce domaine. C'est un objectif qui est compris quand il est expliqué. L'argent public que nous avons doit s'investir dans cette diminution du carbone dont nous avons besoin pour produire cette énergie.

La semaine prochaine, nous allons lancer notre stratégie pour le futur au niveau de la recherche dans l'énergie, et nous avons décidé de la centrer autour de trois piliers qui ont tous pour objectif de contribuer à l'innovation. Le premier est la réduction des coûts de l'énergie propre en assurant la compétitivité. Le déséquilibre entre les énergies fossiles et les énergies propres est l'un des plus grands problèmes. Le montant des subventions aux énergies fossiles est de l'ordre de 100 milliards d'euros en Europe. Cela veut dire que l'on dépense 100 milliards d'euros pour donner de la subvention à tout ce qui est fossile. On cache donc des coûts : on cache les coûts des effets négatifs sur l'environnement, sur la santé. La grande bataille, dans ce premier pilier, est de déterminer comment diriger ces 100 milliards d'euros de subventions que nous donnons aux énergies fossiles en général et d'en attribuer un petit pourcentage à l'innovation et à la science. Les

subventions consacrées aux énergies renouvelables représentent un pourcentage beaucoup moins important. Imaginez ce que nous pourrions faire si l'Union européenne arrivait à dire qu'effectivement, ces subventions pour les énergies fossiles doivent être redirigées, une petite partie au moins, vers différents secteurs.

C'est donc le facteur-clé du prix et du coût mais nous n'avons pas une comparaison vraie. Nous allons diriger notre investissement à l'horizon 2020 vers des secteurs clés. Nous avons décidé de nous centrer sur les énergies renouvelables, la mobilité électrique, la construction – nous avons entendu parler de la construction il y a deux minutes dans la vidéo – et sur le stockage. Pourquoi ? J'ai toujours défendu, dans ma vie, en tant qu'homme politique, l'intervention de l'État en cas de défaillance du marché. Mais dans ce secteur, l'innovation ne doit pas intervenir seulement quand le marché ne marche pas, il faut que nous donnions la direction. Si nous ne donnons pas cette direction, nous n'y arriverons pas. Si nous laissons le marché le faire, nous allons vers des énergies qui ont un coût sur notre environnement, sur notre santé. C'est pour moi le premier pilier de ce que l'on appelle notre communication sur l'énergie, qui va être lancée la semaine prochaine.

Deuxièmement, comment peut-on baisser les barrières à l'investissement privé ? Là, vient la Mission innovation qui a pour objectif d'attirer plus d'investissement privé. En matière de réglementation, il faut dire comment, en Europe, nous pouvons parvenir à une réglementation qui soit plus équilibrée pour nous laisser tester de nouvelles technologies. Nous nous sommes accordés avec les vingt-huit ministres, il y a trois mois, sur le fait que nous devrions considérer le principe de précaution, mais aussi le principe d'innovation. C'est important aussi pour changer cette idée que l'Europe n'essaie rien de nouveau et que l'Europe ne prend en compte que le principe de précaution. Celui-ci est important, mais le principe d'innovation l'est tout autant. Il faut que nous prenions en considération le fait que le monde où nous adaptons notre réglementation évolue tellement vite que la réglementation comme nous la concevions dans le passé ne marche plus aujourd'hui. Quand je réglemente un produit aujourd'hui, la probabilité que ce produit existe dans cinq ans est peut-être égale à zéro, ce sera peut-être un autre produit. Nous sommes en train de réglementer ce qui n'existe pas, ou nous sommes en train de réglementer à côté de ce qui existe. Comment avancer dans ce chemin vers la réglementation intelligente ? Comment le faire dans le secteur de l'énergie et du climat ?

Pour diriger l'innovation, il faut aussi créer des marchés. La réglementation est alors très importante : comment créer les standards et comment avancer dans le sens de la création des marchés ? Je vous parle de la réglementation intelligente et de la réglementation du futur, qui sera une réglementation faite entre les *stakeovers*, entre ceux qui sont les entrepreneurs et les hommes politiques. Aujourd'hui, nous voyons que l'innovation est en train de venir des applications du numérique dans le monde physique, et qu'on innove dans des secteurs qui sont réglementés. Il faut donc que les entrepreneurs et les hommes politiques travaillent ensemble.

Le troisième pilier de la communication européenne est le changement de l'innovation dans les vingt dernières années avec le numérique. Il s'agit de remettre le citoyen au centre. Dans le domaine de l'énergie, nous voyons que le citoyen est le moteur du changement et que la fusion entre le monde physique et le monde numérique est faite avec le citoyen. C'est le citoyen qui nous guide. Les évolutions récentes du numérique nous ont permis de réaliser que le principe de Schumpeter selon lequel l'innovation vient du producteur vers l'utilisateur, selon lequel le producteur invente un produit et pousse le citoyen à l'utiliser, ne s'applique pas dans le monde numérique. Dans le monde numérique, c'est le citoyen qui amène les idées au producteur. C'est un point qui me préoccupe en Europe. Pourquoi une entreprise américaine comme Tesla qui, du jour au lendemain, crée une batterie pour la maison – c'est une technologie que nous connaissons tous – a-t-elle eu cette idée et pas nous ? Cela vient d'une bonne compréhension de l'innovation : c'est aujourd'hui le citoyen qui envoie les signes. Nous avons de très bons exemples. Il y a un an, j'ai rencontré une entreprise allemande qui fait la même chose que Tesla mais qui, en plus, propose un système où les voisins, la communauté, peuvent vendre de l'énergie à d'autres voisins. Nous avons donc aussi des exemples en Europe, mais nous sommes en retard dans cette fusion entre le numérique et le physique. C'est peut-être le point le plus difficile, parce que nous avons des industries qui sont très centrées sur le physique, sur l'innovation traditionnelle. Or aujourd'hui, dans le monde numérique, c'est le numérique qui prend la valeur.

J'ai quatre priorités pour les secteurs qui vont le plus changer avec le numérique : l'alimentation, la santé, l'énergie et l'eau. Dans ces secteurs, nous sommes en train d'assister à une révolution où les gens qui maîtrisent les technologies numériques sont capables de capturer la valeur que nous produisons dans le monde physique. Il faut donc se retrouver, se rencontrer dans ces deux mondes. C'était le message que je voulais vous passer aujourd'hui.

M. Jean-Yves Le Déaut. Merci à nos premiers intervenants qui ont campé le débat. Je voudrais juste rappeler que l'OPECST a organisé, dans cette salle, une audition sur le thème *big data* et agriculture et, notamment, sur les capteurs qui sont mis dans le matériel agricole et sont le support de services, mais qui ne sont pas toujours utilisés dans nos propres pays européens. Ce sont de vrais sujets, je crois que toutes ces questions sont importantes.

**PREMIÈRE TABLE RONDE :
LA MISE EN ŒUVRE PAR LES ÉTATS DES ENGAGEMENTS DE
SOUTIEN À L'INNOVATION PRIS DANS LE CADRE DE LA COP21.
LES AVANCÉES ATTENDUES DES RUPTURES TECHNOLOGIQUES
DANS L'UNION EUROPÉENNE ET LES PAYS DU SUD**

**Présidence de Mme Anne-Yvonne Le Dain, députée, vice-présidente
de l'OPECST, et de Mme Delphine Bataille, sénatrice**

Mme Delphine Bataille, sénatrice. Je veux remercier l'ensemble des intervenants qui ont accepté de participer à cette première table ronde de l'audition publique et qui vont s'attacher à nous éclairer sur la manière dont les États envisagent de mettre en œuvre les engagements qu'ils ont pris à la COP21, pour laquelle la France a été unanimement saluée pour sa réussite. Ces engagements ont été précisés depuis maintenant un an, notamment lors de la COP22.

De manière plus détaillée, nous aimerions savoir dans quelle mesure la COP22 a permis de nouvelles avancées significatives et quelles orientations de ces deux COP, liées à l'innovation et à la technologie, sont aujourd'hui prioritaires. Par ailleurs, nous aimerions pouvoir évaluer le rôle de la politique d'innovation de l'Union européenne et savoir si elle lui permet d'avoir les moyens de son ambition. Quel est, notamment, l'état d'avancement de son projet d'économie à faibles émissions de carbone ?

Pour aborder ces thématiques, nous allons tout d'abord entendre de hautes personnalités qui ont participé à la COP22 à Marrakech, ainsi que des diplomates de haut rang et des personnalités étrangères qui vont nous présenter la politique de leur gouvernement : Monsieur Georges Károlyi, ambassadeur de Hongrie en France, Madame Line Beauchamp, déléguée générale du Québec à Paris, Monsieur Bernard Denault, directeur France du ministère des relations internationales et de la francophonie, et Monsieur Stéphane Cools, président *ad interim* de l'Agence wallonne de l'air et du climat. Je crois que nous pouvons nous réjouir collectivement de leur participation à ce débat, auquel prendra part Madame Danielle Auroi, présidente de la Commission des affaires européennes de l'Assemblée nationale. En effet, la recherche de solutions innovantes aux bouleversements climatiques actuels est universelle. Tout regard croisé, de ce fait, semble pertinent et en tout cas source d'enrichissement.

En ce qui me concerne, je suis frappée de l'accélération du calendrier de ratification de l'Accord de Paris qui va maintenant entrer en vigueur, ce que personne, finalement, n'aurait pu imaginer il y a encore quelques semaines. Je crois que c'est le signe manifeste d'une prise de conscience au niveau mondial de l'importance de l'objectif à atteindre. Quelques États, nous y avons fait référence, et pas parmi les moindres, n'ont pas encore ratifié cet accord et il nous reste à

espérer qu'ils vont bientôt le faire. Nos débats de ce jour ont donc l'ambition de montrer le rôle que l'innovation et les ruptures technologiques vont jouer dans la mise en application des mesures envisagées, d'abord à Paris, puis à Marrakech. Ils font écho aux propositions présentées par l'Office parlementaire aux négociateurs de l'Accord de Paris en septembre dernier, à l'issue de l'audition publique européenne qui avait été organisée sur le thème « Innovation et changement climatique : l'apport de l'évaluation scientifique et technologique » – d'aucuns d'entre vous ont dû y participer.

Je veux enfin saluer particulièrement la présence de Madame Valérie Masson-Delmotte, coprésident du groupe I du GIEC et membre du conseil scientifique de cet office, ainsi que de Monsieur Yves Bamberger, membre de l'Académie des technologies.

Je vous rappellerai la règle qui a été indiquée tout à l'heure : les intervenants sont appelés à respecter leur temps de parole de trois à quatre minutes, afin qu'un débat puisse s'installer dans la salle. Les auditeurs qui souhaiteraient poser des questions seront, quant à eux, limités à une minute trente ou deux minutes.

Mme Anne-Yvonne Le Dain, députée, vice-présidente de l'OPECST. Nous sommes sur un sujet extrêmement important. Laurence Tubiana a eu des propos tout à fait essentiels et importants, notamment sur le concept de résilience. Le commissaire européen Carlos Moedas a ouvert un océan vaste et insondable de manières d'entrer de manière concrète dans le sujet. Je vois là une marque de sa formation initiale d'ingénieur, qui le pousse à ne pas rester uniquement sur des considérations, des ambitions et des enjeux mais à rendre les choses faisables, ce qui est plus difficile. Je relève aussi le concept important d'entrée par l'usage qu'il a introduit, qui prend le pas sur l'offre de service ou de technologie.

L'entrée par l'usage est effectivement, il me semble, la bonne approche. Je me souviens d'une intervention au mémorial de Johannesburg dans les années 2000, où j'avais eu la chance de pouvoir présenter un *poster* scientifique sur les équipements numériques en télécommunication dans les pays développés, et j'avais pour cela utilisé les données de la Banque mondiale. Ce qui était absolument frappant était la vitesse incroyable d'équipement des populations africaines en téléphones mobiles. À l'époque, ce n'étaient pas des iPhone, c'était des petites boîtes où il fallait taper quatre fois pour avoir la lettre C. Nous l'avons tous oublié, parce que nous avons l'impression que ces petits objets sont là de toute éternité. La question des pays du Sud est fondamentale, parce que c'est là qu'il y a la plus forte croissance de population et c'est là qu'il y a les plus grands risques, qui sont liés à la montée du niveau de la mer due au réchauffement climatique et, donc, à des problèmes insulaires et d'inondations, voire de disparition de zones côtières ou d'îles. Les zones côtières sont extrêmement peuplées, pas seulement en Afrique, mais aussi dans l'océan Indien et ses îles. Les populations des grands deltas d'Asie, d'Afrique et, même, dans une moindre mesure, d'Amérique latine, sont en danger à cause du réchauffement climatique.

Ces dangers proviennent non seulement de la pénurie d'eau douce, puisque l'on est sur des bords de mer, donc avec de l'eau salée, mais aussi des inondations et de la brutalité des événements climatiques extrêmes qui peuvent, à terme, entraîner la disparition de civilisations entières et d'êtres humains.

Nous sommes donc sur des questions essentielles. La question de l'usage est fondamentale, parce que c'est celle qui, grâce au numérique, peut effectivement permettre aux populations et aux élus de prendre les choses en main. En matière de changement climatique, nous sommes sur un enjeu essentiellement politique qui doit assumer qu'il est aussi technique et scientifique. Comme le soulignaient Laurence Tubiana, Carlos Moedas et Jean-Yves Le Déaut, s'il n'y a pas de parole plus construite, plus consciente, plus constante, plus compréhensible entre politiques et scientifiques, les moyens financiers ne seront pas au rendez-vous et les progrès nécessaires en termes d'innovation ne seront pas faits.

En termes d'innovation, je voudrais aussi parler de la question des zones arides. Ces zones arides s'accroissent, et comme elles sont déjà des déserts, ce n'est pas facile. Mais il y a également des zones qui ne sont pas encore arides et qui risquent de le devenir. Il y a des zones qui ne sont pas du tout arides sur lesquelles nous avons des problèmes de bouleversement climatique liés à la brutalité des événements et à leur nouvelle récurrence. C'est important, parce que cela crée une vulnérabilité des populations qui peut aussi être amodiée par l'innovation et la technologie. Nous avons là des enjeux essentiels, des enjeux scientifiques et des enjeux humains. De grandes questions se posent sur la consommation d'eau, par exemple : à quelle échelle la consommation d'eau individuelle ou collective doit-elle être mesurée ? Cela pose la question de qui consomme quoi, de quelle manière et à quel coût, et quelles sont les marges prises par les uns et par les autres. Dans nos sociétés développées, la marge d'alimentation en eau est considérable, mais dans les pays où il y a des sécheresses récurrentes, une alimentation qui est à la fois concentrique, dans certains cas, extrêmement dispersée, dans d'autres, la manière dont chaque individu accède à l'eau est tout à fait essentielle. Le rapport entre la sobriété individuelle et la sobriété collective est absolument fondamental.

Sur la question de la résistance à la sécheresse, notamment du monde agricole, je n'utiliserai pas le terme de résilience. La question de la résistance à la sécheresse, est-ce qu'on la construit ? Est-ce qu'on la subit ? Est-ce qu'on la fait dépendre des situations locales ou est-ce que l'on part du fait que, la science étant ce qu'elle est, l'agriculture étant ce qu'elle est, la biodiversité étant ce qu'elle est, il y aurait matière à permettre des interférences entre des régions différentes du monde, selon quelles règles de prudence et avec quelle ambition ?

Nous parlons peu d'une autre voie énergétique, notamment dans les pays en développement. La question de la géothermie est complètement passée sous silence ! La question du stockage de l'eau, et pas seulement du stockage de l'énergie, est tout à fait fondamentale. Dans nos pays développés où le solaire est

en train de se développer, les économies d'énergie sont en train d'être impactées, les questions de consommation deviennent premières, de même que la question du vent et celle des énergies éoliennes. Comment fait-on pour permettre aux pays du Sud de développer une véritable économie, là où ils ont du vent, de l'eau, du soleil, voire des ressources fossiles ? Comment se fait-il que l'on ne soit pas plus avancés ?

La COP21 et les Accords de Paris, confirmés à Dakar par le président de la République, viennent de bien montrer que les pays qui sont les plus menacés sont ceux qui, au bout du compte, ont le plus besoin de la technologie, de l'innovation et de l'accompagnement de l'Europe qui a une carte énorme à jouer, sans forcément en tirer un bénéfice financier mais en visant un bénéfice qui peut être humain, humanitaire, technologique, scientifique et, au bout du compte, planétaire. N'ayons pas peur des mots, l'Europe a un rôle à jouer dans cette économie de la résilience et cette économie de l'innovation autour de la COP21.

J'espère que ces débats nous permettront de bien préciser les innovations et les ruptures technologiques, mais aussi les ruptures nécessaires dans les usages. Il nous faudra accepter que les usages changent, et que les clés de raisonnement et les verrous politiques, réglementaires ou législatifs ont vocation à changer. Je crois, pour avoir entendu à l'instant le commissaire européen, que l'Europe doit nous y aider, nous y inciter, nous y accompagner, et faire en sorte que sur tout le territoire européen, nous tirions tous dans le même sens pour aller vers une économie décarbonée ici et partout dans le monde, et notamment dans les pays du sud.

Mme Danielle Auroi, présidente de la Commission des affaires européennes de l'Assemblée nationale. Je vais essayer d'être concrète, puisque, rentrant de la COP22 où j'ai d'ailleurs aperçu un certain nombre d'entre vous, il me semble que nous avons un peu oublié qu'elle se passait en Afrique. C'est un détail mesquin, sans doute, mais si elle se passait en Afrique, il fallait sans doute qu'il y ait des réponses extrêmement importantes aux questions que posent les Africains. Monsieur le commissaire les a d'ailleurs très bien reprises : la question de l'alimentation, la question de la santé et, Madame la vice-présidente vient de le dire, la question de l'eau. Comment tout cela a-t-il été traité dans une COP22 où l'agriculture a été un peu le parent qui reste à côté, ce que l'on appelle un sujet orphelin, même si on en parle malgré tout.

Nous nous souvenons tous que 10 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre sont liés à l'agriculture. Nous oublions peut-être un peu trop que la moitié de la population du continent africain travaille encore dans l'agriculture. Il me semble que les urgences sont là. Du coup, nous avons une espèce de distorsion sur les financements, puisque les pays du nord et les BRICS ont plutôt dit « Allons-y sur l'atténuation » et les pays du sud, en particulier les pays africains, disent « On a plutôt besoin d'adaptation ». Comme cela a été très bien expliqué, le désert avance.

Il y a peut-être à questionner des deux côtés, du côté de l'innovation. Dans les pays qui ont développé une agriculture de type industriel ou agro-industriel, est-ce que l'innovation peut aider à pondérer cet aspect industriel qui est non seulement émetteur de gaz à effet de serre mais est aussi gourmand en énergie fossile ? Il faut peut-être retravailler sur les entrants. Je crois que du côté de l'innovation, il y a des programmes européens qui sont très bien faits pour cela, il y a de quoi faire, et il faut effectivement que l'Europe, dans ce domaine, redevienne la bonne élève de la lutte contre le changement climatique.

Il y a aussi toute une logique à développer auprès des agriculteurs des pays qui, eux, ont déjà les moyens de travailler normalement, et pour qui les énergies renouvelables sont positives et un vrai apport à leurs revenus. On peut parler avec eux de l'agroforesterie, de la capture du carbone, de ce qu'est un puits de carbone, parce qu'il ne faut pas non plus faire croire qu'ils vont tout résoudre parce qu'ils vont faire trois plantations différentes ou qu'ils vont moins abîmer les sols. Il faut vraiment les aider dans ce domaine. Il faut questionner la pêche de la même façon. La pêche industrielle peut-elle continuer avec ses nuisances qui sont avérées par rapport aux océans ? Nous allons donc questionner ceux qui veulent atténuer sur leurs propres pratiques.

Nous savons bien que les pays qui sont du côté de l'adaptation ont une première demande, qui s'adresse aux pays comme les nôtres. Ils veulent que nous leur donnions des transferts de technologie. L'Inde a pris la tête de pont du côté du solaire et fait venir énormément d'Africains et d'Africaines, qui viennent se former sur les produits locaux de la petite technologie de proximité, qui permet à un village d'avoir ce qu'il faut d'énergie pour faire son électricité, pour pomper son eau potable, parce que les deux sont souvent liés. Il y a toute une série de petites technologies qui sont les nôtres, que nous connaissons bien, mais que, pour le moment, nous ne transférons pas. Je crois que c'est une des questions qu'il faut avoir le courage de poser. Que sommes-nous prêts à faire, du côté des transferts de technologie, pour assurer les pays qui sont déjà menacés, soit parce qu'ils risquent d'être envahis par l'eau, soit parce que le désert avance ?

M. Georges Károlyi, ambassadeur de Hongrie en France. Je suis très heureux d'être parmi vous pour vous confirmer l'engagement extrêmement fort du gouvernement hongrois dans les problématiques liées au climat. Comme vous le savez, la Hongrie a été le premier État membre de l'Union à ratifier l'Accord de Paris au niveau national, au mois de mai dernier, et nous en sommes très fiers. Ce remarquable essai qui a été marqué à la COP21 doit maintenant être transformé et l'Europe, plus que jamais, doit s'y employer comme cela a été très bien dit tout à l'heure. La Hongrie y est prête.

Nous avons déjà atteint, dès 2014, 39 % de nos réductions de gaz à effet de serre par rapport à 1990. En termes de mix énergétique, la part des énergies renouvelables que nous avons ambitionnée pour 2016 a été atteinte dès 2012. Pour réaliser ces progrès, la Hongrie vend ses excédents de quotas de carbone et a mis en place un programme de « financement vert » au service d'un grand nombre

de projets d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable, notamment pour l'isolation des bâtiments ou pour l'installation de panneaux solaires. La Hongrie était d'ailleurs la première, en 2008, à entrer dans ce système d'échange de quotas en tant qu'État.

Au niveau international, nous avons offert près de 3 millions d'euros dans le cadre du fonds vert pour le climat, conformément à l'Accord de Copenhague de 2009. À la conférence du climat de Paris de l'année dernière, nous avons doublé cette offre pour soutenir l'innovation verte.

À l'échelon national, le parlement hongrois a adopté en 2008 une première stratégie nationale sur le changement climatique. Celle-ci se concentre sur des objectifs de décarbonisation dans l'ensemble des secteurs – production d'énergie, transport, agriculture, *etc.* Une seconde stratégie nationale vient d'être présentée au Parlement hongrois, qui va bientôt en commencer la discussion. Par conséquent, le gouvernement hongrois et la communauté scientifique sont parfaitement en phase sur la priorité à accorder à cet effort.

Historiquement, la Hongrie a une tradition très riche en matière d'innovation et de recherche, que tout le monde connaît, et plusieurs établissements hongrois sont aujourd'hui partenaires de la KIC Climat, l'initiative d'innovation climatique de l'Union européenne à travers l'agence EIT (*European Institute of Innovation and Technology*) qui a d'ailleurs son siège à Budapest.

Je voudrais citer trois petits projets qui sont hébergés par l'incubateur hongrois de cette KIC Climat. Le projet *Hive Mind*, qui est un système de protection et de surveillance des ruches, permet de collecter des données sur l'état de la ruche et de les transmettre directement à l'apiculteur par satellite, à travers une application en temps réel. La *start-up* Nanoclean vise une émission zéro de gaz à effet de serre pour les services de blanchisserie dans les hôpitaux, ce qui a un impact considérable sur la lutte contre les infections nosocomiales. Le projet *High Wasp* est un outil numérique d'aide à la décision destiné aux opérateurs de stations d'épuration dans leurs démarches d'amélioration de la qualité de l'eau, ainsi qu'aux décideurs politiques en quête de solutions à bas coûts.

Ce dernier projet de gestion de l'eau mérite quelques secondes d'attention, parce qu'il est extrêmement important pour nous et pour l'ensemble de la communauté internationale. La Hongrie est déjà et sera de plus en plus touchée par les effets du changement climatique, notamment à travers les phénomènes de sécheresse et d'inondation qui deviennent de plus en plus extrêmes. Cela impacte évidemment l'agriculture, mais pose bien évidemment la question de la gestion de l'eau. Du fait de sa position géographique au milieu du bassin des Carpates, la Hongrie possède l'un des réservoirs en eau potable les plus importants de l'Europe. Chacun sait que sur les 92 000 kilomètres carrés de la Hongrie, on peut forer n'importe où et qu'on est sûr de trouver de l'eau. La seule question est de savoir jusqu'à quelle profondeur il faut aller.

Nous pensons donc, et nous ne sommes pas les seuls, que l'un des défis les plus importants du XXI^e siècle est celui de l'eau. Nous avons déjà mis cette problématique à l'honneur en 2013 lors du premier sommet de l'eau organisé à Budapest, et nous avons d'ailleurs mis en place une nouvelle conférence sur les problématiques de l'eau qui se tiendra du 28 au 30 novembre à Budapest.

Un autre point important, en ce qui nous concerne, est que, du fait de notre positionnement géographique, la majorité des eaux de surface de la Hongrie provient de pays étrangers. Il est donc crucial pour nous que la problématique de l'eau soit traitée à un niveau international, comme cela avait déjà été le cas en 2011 avec la stratégie du Danube adoptée lors de la présidence hongroise de l'Union européenne.

Comme le disait déjà le président Kennedy en 1962, toute personne capable de résoudre les problèmes de l'eau sera digne de deux prix Nobel, l'un pour la paix et l'autre pour la science. Voilà l'esprit dans lequel nous souhaitons continuer à travailler avec vous tous pour la maîtrise des problèmes liés au climat.

Mme Line Beauchamp, déléguée générale du Québec à Paris. D'entrée de jeu, je veux moi aussi offrir mes félicitations à la France, non seulement pour le succès remporté lors de la COP21, la Conférence des parties, la COP21 mais également pour cet engagement ré-exprimé lors de la COP22 à Marrakech. Cet engagement de la France à poursuivre son soutien politique, on le voit aujourd'hui, technique et financier.

Le Québec, comme État fédéré ayant ses propres responsabilités et compétences notamment en matière de changement climatique, a été présent à pratiquement toutes les conférences des parties depuis 1992. Il était là à Tokyo, à Copenhague, à Paris et, bien sûr, cette année à Marrakech. Il a très souvent été représenté par son Premier ministre. C'était le cas cette année, et comme résultat de notre présence à la COP22, je veux confirmer la participation du Québec comme État fédéré à la nouvelle initiative qu'évoquait Mme Tubiana, qui porte le nom de *2050 pathways platform*. Les États, y compris des États fédérés ou des collectivités sont, dans ce cadre, invités à développer ensemble à très long terme, sur un horizon de 2050, les nouvelles pistes d'innovation à emprunter.

Lors de la COP22, le Premier ministre du Québec a annoncé et confirmé notre engagement en termes de soutien à la coopération internationale, notamment en appui aux pays les moins avancés. L'année dernière, à Paris, nous avons été le premier État fédéré à confirmer un versement de 6 millions de dollars canadiens au fonds pour les pays les moins avancés. Cette année, nous avons confirmé un nouveau programme de coopération internationale dédié aux pays francophones en voie de développement, doté de 18 millions de dollars canadiens pour les accompagner dans des mesures de réduction de gaz à effet de serre, dans des mesures d'adaptation, et aussi dans des projets d'innovation.

Je veux remercier notre partenaire, la France, pour ce souci constant et cet appui qu'elle nous a toujours accordés pour que l'Accord de Paris confirme, en toutes lettres, le rôle des États fédérés comme le Québec dans la lutte contre le changement climatique. Le Québec a une situation, en Amérique du Nord, tout à fait particulière. Nous sommes un des États fédérés de l'Amérique du Nord qui a le plus faible taux d'émission par citoyen de gaz à effet de serre, puisqu'une très grande partie de notre énergie provient déjà d'une énergie propre et renouvelable, l'hydroélectricité. Nous nous sommes confrontés, non seulement à des questions de production d'énergie mais bel et bien à des questions encore plus profondes d'un changement des habitudes de vie et d'un changement de notre économie en profondeur, pour atteindre nos cibles de réduction de gaz à effet de serre, qui sont très ambitieuses pour un État qui a déjà une assez bonne performance. Nous avons la cible de Kyoto (- 6 % par rapport à l'année de référence, 1990). Cette cible a été dépassée en 2012 ; maintenant nous avons une cible de réduction de - 20 % avec l'année de référence 1990 à atteindre pour 2020, ensuite - 37,5 % pour 2030.

Pour ce faire, nous avons cinq grandes stratégies qui sont autant de piliers. Nous avons, comme État, comme gouvernement, toujours eu le souci que toutes ces initiatives soient toujours accompagnées d'un axe de recherche et d'innovation, de recherche et développement. Première stratégie : le marché du carbone. Avec l'État de Californie et la province de l'Ontario, le Québec a mis en place un marché du carbone. 100 % des revenus du marché du carbone sont versés dans un fonds vert, fonds qui permet de bien suivre et de mettre en place les différentes mesures d'une stratégie et d'un plan d'action pour les changements climatiques, qui constitue notre deuxième grand axe stratégique.

Le troisième axe est un plan très ambitieux d'électrification des transports, donc la mobilité électrique sur notre territoire, tant des transports en commun que des transports individuels. Nous sommes intéressés au développement de l'avion électrique. Cela va aussi avec l'annonce toute récente qu'il existe maintenant une offre de produit pour les autobus scolaires électriques sur notre territoire.

Le quatrième axe concerne un plan Nord qui nous amène à accompagner nos populations nordiques au niveau des mesures d'adaptation et de lutte au changement climatique. Le cinquième, une stratégie maritime qui a aussi son volet de lutte contre le changement climatique, notamment au niveau de l'érosion des côtes au Québec, en particulier le long du fleuve Saint-Laurent.

Permettez-moi très rapidement d'évoquer maintenant des axes de recherche et d'innovation extrêmement importants. Dès le point de départ, au Québec, nous nous sommes dotés d'un institut de recherche appelé Ouranos, qui est un consortium de recherche sur la climatologie régionale. Cela nous a permis d'obtenir un fort engagement de nos régions au Québec, puisque nous étions capables de leur dresser des portraits scientifiques précis et d'avoir des réponses précises quant aux mesures d'adaptation qu'elles devaient prendre.

Nous avons aussi accueilli un des secrétariats de *Future Earth*, ce regroupement, cette coordination de la recherche internationale qui doit se faire sur les changements climatiques. Nous avons aussi un institut de recherche appelé l'Institut nordique qui accompagne notre plan Nord, qui, dans ses objectifs, doit intégrer les savoirs autochtones aux principes de recherche et d'innovation. Finalement, nous venons de constituer le Réseau Québec maritime qui fédère nos universités et nos chercheurs au niveau des enjeux maritimes, et je suis heureuse de vous confirmer la mise en place d'une nouvelle initiative franco-québécoise, confirmée lors de la dernière visite du Premier ministre français en terre québécoise, l'Institut maritime franco-québécois. Il y a aussi différentes initiatives basées sur nos coopérations déjà bien connues entre la France et le Québec, et différents outils qui nous permettent de poursuivre ce travail en innovation et en recherche.

Nous partageons les soucis et les enjeux amenés par nos invités de marque. Il faut bien accompagner les décideurs publics avec les connaissances apportées par l'innovation et la recherche, communiquer, transférer des connaissances vers les autres paliers politiques que sont nos collectivités, nos villes, nos régions et vers la population. Le transfert de connaissances demeure un enjeu important à nos yeux si nous voulons atteindre ces objectifs au niveau des cibles d'élimination des gaz à effet de serre.

M. Stéphane Cools, président *ad interim* de l'Agence wallonne de l'air et du climat (AwAC). C'est toujours un plaisir d'évoquer ce que la Wallonie peut faire en termes de changement climatique.

Hier, le Parlement wallon a donné son assentiment pour approuver l'Accord de Paris. La ratification est en cours, c'est une bonne chose. Cela ne veut pas encore dire que la Belgique est en ordre pour la ratification, puisque vous savez que toutes les entités doivent ratifier pour la finaliser, mais c'est en bonne marche et il y a une réelle volonté au niveau de la Belgique. Le ministre président a dit, lors de son intervention au Parlement wallon, que l'Accord de Paris est désormais la pièce maîtresse de toute la politique internationale de la Wallonie, ce qui montre très clairement l'importance du changement climatique au niveau de la politique wallonne.

Comme le soulignait la déléguée générale dans l'intervention précédente, le rôle des entités fédérées est quelque chose d'important. Je m'en suis rendu compte lors de la COP22 où, face à l'incertitude que le gouvernement des États-Unis entretient sur le processus en cours, les entités fédérées au niveau des États-Unis peuvent aussi jouer un rôle important.

Au niveau de la Wallonie, nous n'avons pas attendu la COP21, qui a été un réel succès, pour mettre en place toute une série d'initiatives très importantes. Ce qui est particulier en Wallonie, c'est le cadre réglementaire, puisque nous disposons d'un décret, que nous appelons un décret climat, adopté en 2014 et qui fixe de manière légale les objectifs, dont un objectif de - 30 % de réduction des

émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 1990, et une réduction de - 80 % à - 95 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.

Dans le cadre de ce décret, nous travaillons à un processus itératif qui fixe des budgets climatiques globaux et sectoriels de manière régulière. Les budgets 2015-2017 et 2018-2022 ont été déjà fixés, les budgets 2023-2027 et 2028-2032 seront approuvés par le gouvernement wallon à la fin de l'année 2017. Une des particularités en termes de gouvernance, au niveau de notre région, est qu'il existe un comité de sept experts indépendants qui analyse le suivi des émissions de gaz à effet de serre chaque année, qui remet ses conclusions au gouvernement wallon et qui peut proposer de changer ces budgets. Nous sommes donc réellement dans une dynamique.

Concernant la réalisation en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau de notre région, nous sommes à -37 %, ce qui est bien entendu un objectif important, mais nous savons que, comme la plupart des autres pays, nous avons fait ce qui était facile. Les choses compliquées sont maintenant devant nous. L'innovation sera, bien entendu, nécessaire pour accomplir les résultats liés à l'objectif environnemental de l'Accord de Paris. Nous connaissons les pistes, il s'agit, bien entendu, de la transition énergétique. Les énergies renouvelables pourraient devenir prépondérantes dans le futur énergétique. Nous voyons aussi clairement qu'au niveau énergétique, l'électricité va devenir aussi très importante. Nous avons eu des débats avec plusieurs experts il y a quelques semaines et c'était clair. Mais nous étions toujours dans le doute quant aux moyens de développer toutes ces technologies. Comment va-t-on stocker ? Comment va-t-on gérer le réseau ? Faut-il créer des micro-réseaux ?

L'autre voie, c'est bien entendu l'efficacité énergétique, l'amélioration du bâti. C'est un défi très important dans des régions comme les nôtres, où, fatalement, avec un bâti relativement ancien, avec des cités qui sont historiques et qu'il est assez difficile de détruire, il faudra travailler avec le bâti ancien, le rénover, le mettre dans les normes qui permettent de rencontrer le défi climatique.

Au niveau de la mobilité, nous voyons clairement une volonté d'aller vers une mobilité nettement plus « verte » *via* l'électricité en particulier. Nous savons que cela va poser un certain nombre de défis, et je crois qu'il ne faut pas non plus oublier qu'il faut avoir une approche beaucoup plus large que simplement technologique, et qui utilise d'autres moyens tels que la réduction de la demande ou le transfert modal.

Au niveau de la recherche, la Wallonie a toujours été très active. À chaque nouveau gouvernement, la Wallonie prépare un plan, que l'on appelle maintenant le plan Marshall 4.0, lié à la révolution numérique et fondé sur l'innovation. Nous prévoyons un budget de 2,9 milliards sur la législature, dont un axe important est de soutenir l'efficacité, la transition énergétique et l'économie circulaire pour laquelle nous mettons un budget de 1,1 milliard d'euros. Je rappelle aussi que nous disposons de pôles de compétitivité qui mettent en œuvre toutes ces mesures.

Mme Sylvie Lemmet, directrice des affaires européennes et internationales au ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. Avant l'Accord de Paris, il existait déjà des dispositions qui traitaient de technologies. Nous avons le mécanisme sur les technologies, le Centre sur les technologies du changement climatique (CTCN) qui avait été créé après Cancún et un certain nombre de programmes de travail sur les technologies, en particulier ce que l'on appelle les technologies *Needs Assessment* qui permettaient aux pays de faire état de leurs besoins de technologies. Ces technologies *Needs Assessment* étaient, en principe, prises en charge, d'une certaine façon, par le CTCN qui pouvait apporter de l'assistance technique aux pays en développement. Nous étions donc plutôt sur le thème du transfert des technologies et de l'aide au déploiement des technologies.

L'Accord de Paris contient effectivement un article 10 qui parle aussi du développement des technologies, et pas seulement de transfert. Il mentionne les technologies en matière d'adaptation et pas seulement en matière d'atténuation. C'est très important. C'est une vraie demande des pays en développement.

Il faut essayer de mettre en cohérence ce qui est dans l'Accord de Paris et ce qui existait déjà sous la convention climat. Le mécanisme financier qui existe aujourd'hui n'est pas forcément relié au mécanisme sur les technologies. Un des points essentiels va être de permettre qu'il y ait une sorte de continuum entre les demandes des pays en développement en matière de transfert et de déploiement des technologies et l'accès à des financements, aussi bien au fonds vert qu'au fonds pour l'environnement mondial, et de mettre en place un plan de travail et un cadre technologique sur les années à venir. C'est ce qui a été fait à Marrakech avec cinq thèmes initiaux qui seront abordés dans les prochaines années. Ce travail va continuer.

Deuxième bonne nouvelle de Marrakech, les financements pour le CTCN ont été réunis à hauteur de 23 millions de dollars. C'était un vrai sujet, puisque ce centre a été créé pour s'occuper de disséminer les technologies, mais sans aucun mécanisme financier pour le faire fonctionner. Nous avons là un renflouement, mais un renflouement provisoire, ce qu'il faudra résoudre un jour.

En ce qui concerne la France et l'Union européenne, au-delà de ce qui a été dit sur la Mission innovation et H2020, en France, le PIA a développé des aides sous des formes diverses. Les signaux pour le développement de ces technologies sont importants. Nous avons parlé des *road maps* des pays à l'horizon 2050. À Marrakech, un certain nombre d'alliances au niveau sectoriel ont permis de commencer à développer leurs *road maps* et, donc, leur vision de ce que pourrait être la décarbonisation de certains secteurs. Je pense en particulier au transport et au bâtiment qui sont deux secteurs extrêmement compliqués. Aborder la question de la décarbonisation, au niveau du monde entier, du secteur du bâtiment permet de mettre l'accent sur les ruptures technologiques, ou en tout cas les ruptures de politiques publiques qui vont devoir être mises en place.

En complément des grandes alliances qui ont été formées, le cadre de l'agenda de l'action est utile. Il permet de mettre en évidence et, même, d'accélérer les ruptures technologiques en cours. Je pense à une alliance, par exemple, sur la désalinisation propre qui est typiquement une rupture technologique. Elle regroupe des industriels et des États qui sont intéressés par la question de la désalinisation de l'eau de mer, mais de façon peu énergétivore ou, en tout cas, en consommant peu de gaz à effet de serre.

Mme Anne-Yvonne Le Dain. Dans le domaine du bâtiment, le président Le Déaut a fait un gros travail et a montré qu'il y avait vraiment beaucoup à faire, y compris chez nous, donc d'autant plus dans les pays en voie de développement.

M. Antoine Bonduelle, membre du bureau exécutif du réseau Action Climat France. Je voudrais tout d'abord présenter les excuses de Pascal Canfin et Pierre Cannet du WWF qui ne pouvaient pas être là. Je représente les ONG du réseau Action climat, dont FNE ou Greenpeace, mais aussi beaucoup d'autres, tels Caritas, Action contre la faim, Oxfam, *etc.* À titre professionnel, je représente un bureau d'études qui a fait, notamment pour GRDF et l'ADEME, des études de référence sur la méthanation hydrogène et qui travaille actuellement sur des scénarios 1,5 degré.

La feuille de route, nous l'avons, et c'est ce qui a permis la négociation. Nous savons maintenant faire un scénario à 100 % renouvelable pour la plupart des pays du monde. Ce serait une erreur de penser que nous n'avons pas les briques. Il y a déjà dix ans que le patron d'E.ON nous a dit : « *C'est un problème d'ingénieur, nous allons optimiser, nous allons trouver une amélioration* ». Nous n'en sommes plus aux blocages d'il y a quelques années, et les choses bougent de façon endogène. De même, nous savons aujourd'hui décrire une ville zéro carbone et nous savons raconter une sortie du moteur à explosion en vingt ans, en trente ans, en trente-cinq ans, même si c'est un récit qui est encore à mettre en musique. C'est très important dans la négociation, parce qu'effectivement, nous nous représentons un avenir, et la technologie en fait partie. Le point spectaculaire de ces derniers temps est l'évolution de l'Inde dont le Premier ministre a dit, il y a quelques semaines : « *Si vous nous aidez – on parle donc finance et technologie – nous passons du charbon aux énergies renouvelables* ». Ces propos ont été un moment un peu magique. Ce n'est pas encore fait mais la négociation rentre dans ces questions. L'Agence internationale de l'énergie et ses équipes de prospectives technologiques ont fait la description des différentes étapes et des technologies à développer, mais nous avons déjà toutes les pièces de ces puzzles.

Pour terminer, je voudrais insister sur la question de l'innovation radicale qu'a mentionnée Laurence Tubiana. On se trompe quand on pense que l'on va baisser les émissions de 20 % ou 30 %, comme le propose l'Organisation maritime mondiale, tout en continuant de croître. D'autant plus qu'il n'y a pas d'accords sur le climat en ce qui la concerne. Pour l'aviation d'une part, mais surtout pour le maritime, l'exemple me semble très parlant. Il va falloir être beaucoup plus exigeant. Nous en sommes aujourd'hui à dire : « *Faisons des pilotes et pensons à*

vingt ans, à trente ans, une marine zéro carbone qui soit en plus pensée pour le Sud, au lieu de subventionner comme nous le faisons actuellement à 30 % et à 50 % des navires de croisière qui consomment 300 grammes de CO₂ par kilomètre », ce qui est le cas en France. Nous pourrions affecter une partie de cette somme aux îles du Sud, à la propulsion hybride, à la voile. L'Europe a aidé ces programmes, mais nous avons vraiment beaucoup à innover et devons penser l'aide au Sud sous un angle de technologie innovante.

Mme Anne-Yvonne Le Dain. C'est vrai que la flotte maritime de diversité est extrêmement consommatrice et absolument fascinante, parce qu'il n'y a pas que la consommation constante, il y a aussi toute la consommation qu'il a fallu utiliser pour fabriquer ces navires. Personne n'en parle, mais la question du coût énergétique de la fabrication est tout à fait essentielle. Les équations thermiques sont nécessaires.

Mme Valérie Masson-Delmotte, chercheuse au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), membre du conseil stratégique de la recherche (CSR), co-présidente du groupe I du GIEC, membre du conseil scientifique de l'OPECST. Je vous remercie de cette occasion de m'exprimer au titre du GIEC. Je voudrais d'abord rappeler que la température mondiale s'est réchauffée d'environ 1 degré depuis 1900. Pour 2016, le réchauffement atteint 1,2 degré par rapport au climat préindustriel. Les émissions mondiales de CO₂ stagnent depuis 2014, mais leur concentration dans l'atmosphère continue à croître, en particulier du fait de conditions plus sèches dans un certain nombre de pays ces dernières années, qui ont limité la capacité des plantes et des sols à fixer une partie de nos émissions.

Il y a urgence à déployer les solutions qui existent aujourd'hui et à construire les solutions de demain. Je m'exprime au titre d'un groupe qui travaille sur les bases physiques du changement climatique. Pour nous, les solutions sont dans les ruptures de connaissance : il faut mieux observer, mieux comprendre les processus, mieux comprendre les causes, donner sens à ce qui est déjà observé, être capable de prévoir à court et long terme, de l'échelle globale à l'échelle locale, les évolutions possibles pour différentes trajectoires socio-économiques.

À la COP22, le premier jour, nous avons débattu avec le GIEC du programme mondial d'étude du climat, du programme de recherche sur l'Antarctique, de la recherche fondamentale. La réflexion des organismes de recherche internationaux a porté sur l'urgence d'apporter des solutions pour la prévision du temps, aujourd'hui et dans le contexte du réchauffement, par rapport au risque d'événements extrêmes. Des solutions permettant de mieux les anticiper sont extrêmement importantes pour se prémunir des risques. Sont également urgentes les recherches sur le carbone et son devenir, sur la capacité à l'extraire, sur la compréhension des impacts du changement climatique sur les habitats pour les milieux naturels comme pour les sociétés humaines. Ce sont des axes de

recherche fondamentale où il y a besoin de ruptures de connaissance et qui sont très faciles à expliquer vis-à-vis des enjeux de société.

L'Accord de Paris considère de manière équilibrée les enjeux d'atténuation, mais aussi d'adaptation, puisqu'une partie du changement climatique est inéluctable du fait de l'inertie des systèmes avec lesquels nous interagissons. La recherche et l'innovation sont donc également importantes vis-à-vis de l'adaptation, et le GIEC, dans ses prochains rapports, va donner à parts égales une attention à ces deux volets.

Notre calendrier de travail est intimement lié à l'Accord de Paris. Il nous faut fournir un meilleur état des connaissances à horizon 2018 pour le dialogue préliminaire ainsi que pour le premier inventaire global, en 2022, de l'Accord de Paris. Nous allons préparer trois rapports spéciaux, ce qui correspond à une charge de travail extraordinairement lourde : sur la limitation à 1,5 degré du réchauffement global à l'invitation de l'Accord de Paris ; sur les océans et les glaces ; sur l'usage des terres et, en particulier, la désertification et la sécurité alimentaire. Le premier rapport doit être prêt pour 2018, les deux autres pour 2019. Nous ferons également, en 2019, un point sur les méthodologies pour faire des inventaires et élaborerons un rapport complet de chacun de nos groupes de travail à l'horizon 2021-2022.

Nous allons organiser pour 2018 une grande conférence scientifique avec *Future Earth* autour des villes et du changement climatique. Un appel d'offres est ouvert pour des candidatures dans le continent européen, et pourquoi pas en France.

Je vais juste préciser le contenu du rapport spécial sur l'objectif de 1,5 degré de réchauffement. Nous allons examiner les trajectoires compatibles avec cet objectif, les impacts associés à un réchauffement supplémentaire par rapport aux impacts d'aujourd'hui et les impacts évités si le climat se réchauffe davantage. Nous allons examiner également les options pour renforcer et mettre en œuvre les solutions permettant de renforcer la réponse globale aux menaces de réchauffement climatique, et enfin, faire une analyse à l'angle du développement soutenable des efforts pour éradiquer la pauvreté et réduire les inégalités. Ce travail sera construit de manière très transverse au champ disciplinaire, et va mobiliser des scientifiques autour d'angles très complémentaires.

Les connaissances scientifiques fournies par les milliers d'auteurs de publications scientifiques, par les milliers de relecteurs, seront perdues si l'on n'arrive pas à les partager avec tous les acteurs qui ont été mentionnés dans le monde politique, dans le monde économique, dans la société civile et, surtout, dans le domaine de l'éducation. Je déploie des efforts pour que d'autres acteurs comme, par exemple, les académies des sciences, puissent traduire nos rapports qui restent techniques, non pas en résumés pour décideurs, mais en résumés pour les citoyens d'aujourd'hui et de demain, en particulier vers le milieu scolaire.

M. Pierre Radanne, président de l'Association 4D (Dossiers et Débats pour le Développement Durable), conseiller des pays d'Afrique francophone dans les négociations sur le climat. Je vais concentrer mon intervention sur l'articulation technologie/société, parce que je pense que c'est le problème le plus lourd. Nous sommes face à un sujet totalement inédit, ne serait-ce que parce qu'il est à échéance fixée, encore une fois, par la science quant à l'atteinte des résultats.

Nous sommes sur un sujet à granulométrie très fine, qui touche tous les secteurs. Il faut une approche par usage, ce que les systèmes statistiques, aujourd'hui, ne permettent pas. Or il faut raisonner par usage, dans les termes avec lesquels les gens pensent. Pour l'alimentation, par exemple, il faut dire ce qui relève de l'agriculture, des engrais, de l'agroalimentaire, du transport, du commerce, pour pouvoir faire un bilan global dans une logique d'empreinte. On est obligé d'avoir une approche totalement systémique pour avoir une lisibilité jusqu'aux citoyens. Il ne s'agit pas de lister des technologies et d'avoir des *check-lists* compliquées de technologies mais de penser aux articulations. La question des NTIC est essentielle. Il va falloir chaîner dans un même travail les technologies au sens où on les entend usuellement, les changements organisationnels et territoriaux, les processus collaboratifs, le comportement et les modes de vie des gens et une structuration multi-acteurs puisque c'est cela qui a été considéré comme essentiel à Marrakech. Ce n'est pas un problème de gouvernement, ce n'est pas un problème d'administration, c'est un problème de tous les étages de toutes les sociétés.

Il va falloir un progrès technologique simultané au Nord et au Sud et c'est nouveau. Nous sommes dans la recherche d'un avantage compétitif, non pas en étant les premiers à inventer quelque chose et à le faire payer très cher par les acheteurs extérieurs, mais face à une situation où il faut que nous avancions progressivement. Ceux qui vont gagner vont être ceux qui vont conquérir les marchés. Ceux qui vont commencer tôt vont gagner, ceux qui vont traîner les pieds vont perdre. Mais il y a une mise initiale de départ à faire, qui est tout à fait essentielle.

Je voudrais, dans cette discussion, que nous dépassions une formulation en termes d'acceptabilité et formuler trois conclusions. La première est que nous avons un énorme problème d'imaginaire et un problème de mise en récit. Nos concitoyens ne savent pas de quoi le futur sera fait et, comme nous le voyons, avec certains phénomènes politiques et électoraux ces temps-ci, les gens se mettent dans des situations de prudence, de résistance, de fermeture parce que l'on n'a pas un récit du futur dans lequel ils vont pouvoir s'inscrire. Il faut donc un récit pour la société, mais un récit pour les personnes aussi.

La deuxième conclusion concerne le caractère décisif du temps dans cette démarche. Nous sommes dans une transition qui va s'étirer sur une génération et demie, il va donc falloir être capable de lister, de présenter cela d'une façon progressive si nous voulons dépasser les comportements d'angoisse. Je crois qu'il

va nous falloir faire des frises temporelles de technologies articulées dans le temps pour que les gens puissent se repérer et les mettre dans le film de leur vie.

Enfin, et c'est le sujet sur lequel je travaille, le discours à la personne. Il faut que nous revenions sur des approches beaucoup plus littéraires, il faut que nous fassions quelque chose qui est de l'ordre du récit de vie réussi pour que les gens puissent être rassurés, s'inscrire dans l'action, parce que nous ne pouvons pas gagner cette bataille-là contre eux. Il faut donc exprimer les politiques publiques à travers les aides que cela va représenter pour les personnes, à travers les changements qu'ils vont devoir faire. Comme l'a dit Valérie Masson-Delmotte tout à l'heure, il faut aller vers la simplicité du langage, la simplicité du récit, faute de quoi, nous n'y arriverons pas.

Mme Anne-Yvonne Le Dain. Je partage votre analyse. Ce que j'essayais d'expliquer dans mon introduction, c'est qu'il faut complètement changer le rapport entre l'individu et le collectif, notamment parce que la question énergétique le permet. Les solutions techniques ne sont pas là, mais elles permettent d'avancer.

Mme Agathe Euzen, directrice adjointe de l'Institut écologie et environnement du Centre national de la recherche scientifique (CNRS). L'innovation nécessite une très bonne connaissance fondamentale des processus, des systèmes et de leurs interactions et cela concerne tant le domaine du vivant que celui de la technique et de la gouvernance. Tel est l'apport de la recherche en général, et celle du CNRS en particulier. Les travaux menés par les scientifiques montrent, en effet, que la complexité des systèmes doit être prise en considération. En fait, les innovations touchent tout et tout le monde.

Si l'on considère les ruptures technologiques visant le développement d'une économie à bas carbone, elles ne peuvent ni être dissociées du changement global ni être considérées uniquement d'un point de vue économique et en réponse à la seule question du climat. C'est donc à l'échelle de la société tout entière et dans tous les secteurs que la question doit être posée et les solutions trouvées. C'est d'ailleurs ce que permettent et ce que nous offrent à la fois la lettre et l'esprit de l'Accord de Paris. Il s'agit par conséquent de passer à des approches déségmentées, décloisonnées, favorisant une approche transversale et intégrée, incluant dès le départ l'ensemble des acteurs, la totalité des filières considérées et la diversité des disciplines concernées – les sciences de l'ingénieur, les sciences de l'univers, les sciences de l'environnement, les sciences humaines et sociales.

De la même manière, un accompagnement éthique de l'innovation devrait aussi permettre de considérer les limites à donner au développement innovant, sous peine d'avoir des effets dévastateurs parfois lourds de conséquences à plus ou moins long terme et des effets papillon que cela peut produire, sous prétexte d'apporter à un moment donné une solution à un problème. La géo-ingénierie en est un exemple emblématique. Chaque innovation participant à une rupture technologique doit être évaluée dans une approche systémique afin de mesurer sa

réelle empreinte environnementale et de l'intégrer dans une logique de développement durable pour une société vivable, aimable. Par exemple, les énergies renouvelables, parce qu'elles sont renouvelables, constituent une vraie solution au défi énergétique à long terme. Leur développement doit, en revanche, être réfléchi et optimisé sans cesse en prenant en compte leur cycle de vie et l'ensemble de leurs impacts – sociaux, environnementaux, économiques – à différentes échelles spatiales et temporelles. Par exemple, les éoliennes soulèvent des questions non seulement techniques, mais aussi d'aménagement des territoires et de régulation foncière. Elles interrogent sur l'exploitation des ressources et des terres rares, sur la durabilité des questions écologiques par rapport à l'avifaune.

Il y a aussi des financements européens dans le cadre d'Horizon 2020, des fêtes ou des quêtes, mais ces fonds collaboratifs sont insuffisants pour la recherche publique. Les appels à recherche de l'ANR, les ERC ou encore les SATT ne permettent pas toujours de financer la nécessaire prise de risque, par les scientifiques, qui soit à la hauteur de ce qui est nécessaire dans une démarche permettant d'accroître la productivité et la capacité d'innovation de l'Europe en vue d'une économie durable et compétitive et de territoires attractifs assurant une bonne qualité de vie pour les sociétés.

L'innovation technologique ne peut donc pas se suffire à elle-même. Elle doit être incluse dans une démarche d'innovation globale, conformément aux objectifs du développement durable et à l'Accord de Paris, et être adaptée aux réalités locales. Si elle n'est pas applicable ou adaptée, la plus belle des innovations ne pourra pas être utilisée et ne débouchera sur rien. Elle doit donc être appropriable par l'ensemble de la filière concernée, mais surtout par l'utilisateur final et tous les intermédiaires sur le territoire visé. Cela nécessite d'intégrer les spécificités et les diversités culturelles d'une communauté humaine ou professionnelle et ses pratiques, qu'elles soient quotidiennes, sociotechniques, professionnelles. Et pour être appropriable, elle doit être adaptée au contexte local et ne peut pas, par conséquent, être répliquée de façon automatique sans considérer les spécificités socio-économiques, sociopolitiques, historiques, géographiques, culturelles. Cela nécessite l'implication, dès la conception, de l'ensemble des acteurs concernés et l'information de ceux qui vont l'utiliser afin qu'ils acquièrent une certaine autonomie dans l'usage.

Enfin, sans co-construction, l'innovation technologique ne peut pas être viable, équitable et durable.

M. Yves Bamberger, membre de l'Académie des technologies. L'Académie des technologies, comme les académies sœurs, travaille évidemment sur ces sujets. Je voudrais revenir sur un point très concret et très transverse : tenter d'évaluer l'apport des innovations récentes et à venir, pour mettre en œuvre les décisions de la COP21, nécessite d'examiner avec précision chaque innovation ; mais les innovations ne se déploient pas isolément et sont partout. Pour que leurs impacts se conjuguent au lieu de s'annuler, qu'ils soient maximaux compte tenu de ce qui existe déjà, pour que 1+1 soit égal à 3 et non à 0,5, la mise

en place de régulations cohérentes entre elles, non contradictoires, serait plus que souhaitable. Pour ce faire, des approches système nous semblent bien utiles, pour ne pas dire indispensables. Vous allez me dire : « approche système », c'est un gros mot. Pas du tout. Je vais donner un exemple très simple.

À l'heure où la France et l'Europe déploient de façon volontariste des éoliennes et des panneaux photovoltaïques pour produire davantage d'électricité sans CO₂, qu'avons-nous fait depuis quinze ans pour faire évoluer simultanément la consommation d'électricité afin qu'elle absorbe les pics de production renouvelable et pour limiter les problèmes liés à l'intermittence ? Pourquoi ne pas avoir simultanément visé au niveau de l'Europe 100 millions de chauffe-eau électriques avec le remplacement de nos vieux cumulus par des chauffe-eau solaires à appoint électrique, des cumuls thermodynamiques qui consomment moins ? Cela ne coûterait pas bien cher, et en plus, cela réglerait une bonne partie des problèmes de flexibilité que nous cherchons à traiter avec des centrales à gaz et du réseau. Or, qu'avons-nous vu ? À l'heure du fameux 20/20/20 qui mettait allégrement sur le même plan une finalité et deux moyens pour les atteindre, le projet de directive éco-design que vous connaissez tous a été et reste à deux doigts d'éliminer les chauffe-eau électriques. Les batteries de véhicules contribueront aussi aux objectifs de flexibilité. Pourquoi attendre, puisqu'il nous faut baisser les émissions le plus vite possible et au coût minimum ?

Bien que la France et l'Europe dépensent tant pour les renouvelables et pour l'efficacité énergétique, nous voyons que nous avons du mal à faire baisser nos émissions. Comment sortir de cette situation ? Un des moyens nous semble être d'aider nombre d'universités et de centres de recherche, publics et privés, à développer des modèles globaux, des simulations dont les hypothèses et les algorithmes seront publics et vérifiables, dont le caractère scientifique permettra le débat, contrairement à certaines études dont on a beaucoup parlé dans l'hexagone.

Autrement dit, il nous faut concevoir des régulations innovantes et cohérentes s'appuyant sur ces simulations pour promouvoir les innovations, les actions de recherche et développement, les politiques industrielles, au lieu de dispositifs mal articulés et complexes – je reprends la démonstration de la Cour des comptes dans un rapport récent. Vous l'aurez compris, l'Académie pense qu'il nous faut réfléchir de manière plus systémique, plus globale, pour construire et partager des visions, pour les expliquer à nos concitoyens et pour obtenir un processus démocratique de construction des régulations qui soit digne d'une démocratie du XXI^e siècle.

M. Stéphane Siebert, directeur de la recherche technologique du CEA. Le CEA est aujourd'hui, on ne le sait pas toujours, le premier centre de R&D sur les nouvelles technologies de l'énergie en France, avec plus de mille chercheurs mobilisés. Nous nous focalisons sur cinq domaines clés : la production d'énergie solaire, le stockage, les réseaux, l'efficacité énergétique et la gestion numérique. Je peux donc témoigner que, dans ces domaines, au CEA ou dans d'autres laboratoires avec qui nous collaborons, la technologie française est de très

bon niveau. C'est ainsi que nous avons fabriqué cette année plus de 100 000 cellules solaires à Chambéry avec un rendement moyen de l'ordre de 22 %, supérieur de 5 points aux cellules du marché. Nous avons également lancé une start-up qui fabrique des équipements réversibles électrolyseurs piles à combustible qui améliorent radicalement le rendement du cycle de l'hydrogène. Nous suivons aussi en permanence l'ensemble des données de 20 % du parc solaire français et nous construisons ainsi une base de données de plus en plus complète pour améliorer la performance et le pilotage en ligne de ce parc. Enfin, nous avons démarré une collaboration avec le Masen au Maroc – on parlait tout à l'heure des pays du Sud – sur leur programme solaire.

Nous sommes convaincus que le programme de déploiement des ENR en France peut s'appuyer sur cette maîtrise technologique. Je voudrais encore insister sur trois points : d'abord, nous avons l'avantage, compte tenu du mix retenu en France, de ne pas avoir à développer tout de suite le stockage saisonnier massif qui reste le point délicat lorsque le taux d'ENR s'élève. En revanche, nous sommes en capacité de développer rapidement le stockage de courte durée avec les batteries et l'hydrogène dans des conditions économiquement acceptables.

Pour éviter de subir la situation d'une importation massive de composants, comme cela a été le cas avec les panneaux solaires, il nous faut anticiper la mise en place d'une filière industrielle des ENR, comme nous avons su le faire avec le nucléaire ; ce sera une filière qui soit capable de fournir une partie significative des composants qui seront mis en œuvre dans le déploiement des ENR : panneaux solaires, batteries, convertisseurs hydrogène, infrastructure de réseau.

Ce développement industriel sera compétitif s'il peut s'appuyer sur des technologies avancées et différenciantes. C'est pourquoi il faut rapidement que l'engagement de doubler l'effort de R&D qui a été annoncé lors de la COP21 soit traduit dans les budgets.

DÉBAT

Mme Moïra Tourneur, étudiante en Master Affaires européennes à Paris Sorbonne. À partir du cas allemand, j'aimerais vous poser une question. Comme vous le savez, le Bundestag allemand a ratifié les Accords de Paris le 22 septembre à l'unanimité. Ce qui ressort des débats parlementaires qui y ont eu lieu est qu'il n'y avait pas vraiment d'enjeu autour de la ratification en elle-même, mais plutôt autour de la mise en œuvre de l'Accord de Paris au sein de l'espace national. Ce qui était vraiment au cœur du débat, c'était le plan pour le climat 2050, qui a été adopté par le gouvernement le 14 novembre dernier et qui se donne deux objectifs : un objectif à long terme pour 2050, prévoyant une réduction des émissions de gaz à effet de serre en Allemagne de - 80 % à - 95 % par rapport à celles de 1990, et un objectif intermédiaire pour 2030 avec une réduction des gaz à effet de serre de - 55 % par rapport à 1990. Ce qu'il ne faut pas oublier à propos de ce plan, c'est qu'il a été considérablement revu à la baisse

par rapport aux esquisses initiales. Il n'y a pas de calendrier précis, pas d'objectif chiffré précis, à part pour 2030 et 2050. Ce qui est particulièrement frappant, c'est que l'on ne parle même pas de sortie du charbon, tout juste de décarbonisation.

Finalement, ce plan est plus une orientation générale qu'un ensemble de mesures concrètes pour mettre en œuvre l'Accord de Paris. La question de la mise en œuvre reste entière. Je voulais donc vous demander comment, après la COP22, on va mettre en œuvre concrètement les Accords de Paris au sein des espaces nationaux *via* des calendriers précis et des objectifs chiffrés précis également.

M. Jean-Yves Le Déaut. C'est très bien que des étudiants viennent dans nos auditions. Cela permet la relation entre le Parlement et la société que nous souhaitons.

M. Maxime Zimmermann, étudiant à Paris III Sorbonne nouvelle. Je voudrais revenir sur le rôle du couple franco-allemand. On voit que les objectifs des deux pays sur le long terme sont similaires, par exemple, la réduction des émissions par habitant à deux tonnes équivalent CO₂ d'ici 2050, conformément aux accords de la COP21. Malgré les divergences sur la manière d'y arriver à court terme, les deux pays font figure de poids lourds dans la transition énergétique au niveau européen, autant par leur importance politique qu'économique. Ma question est donc la suivante : du fait de ce consensus et de ce potentiel de coopération, quel pourrait être le rôle de la relation franco-allemande dans la création d'une union énergétique européenne, comme l'a récemment suggéré Donald Tusk, le président du Conseil européen, et quels seraient, selon vous, les blocages à l'émergence d'une telle union ?

M. Antoine Bonduelle. Je voudrais répondre sur le fait que l'Accord de Paris ne nous dit pas explicitement qu'on va sortir des énergies fossiles. Le GIEC, lui, dit que cela fait partie des priorités, qu'on va devoir le faire. L'accord n'aurait pas pu avoir lieu si on avait dit que dans vingt ans, on arrêterait d'extraire le pétrole. Les Allemands n'ont pas indiqué qu'ils allaient fermer les centrales à charbon, tout le monde le sait, cela va se passer en quelques générations ou en quelques mandats, et cela fait partie de l'ambiguïté. De même, dans l'Accord de Paris, on a supprimé l'idée qu'il allait y avoir une contrainte. On en est même à des contributions plus qu'à des engagements. Quelque part, c'était le prix à payer pour avoir la Chine et l'Inde. On est dans une diplomatie. Il en est de même au niveau national.

C'est le cas en France au niveau du Conseil économique et social et à l'Assemblée nationale. Si l'on parle d'une France sans raffinerie dans vingt ans (il est évident que cela va se passer), il n'y aura plus de pétrole à raffiner, puisqu'il n'y aura plus de pétrole dans les voitures, et c'est dans un futur proche. Mais, aujourd'hui, les syndicats disent qu'il doit y avoir un nombre stable de raffineries. Cela fait partie de négociations où l'on ne pourra pas donner la feuille de route tout de suite de tout ce qu'il y a à faire.

M. Jean-Yves Le Déaut. Vous avez raison. Dans le même temps, un communiqué est aujourd'hui diffusé sur le thème : « *L'Allemagne, championne d'Europe du CO₂ avec quatre centrales sur cinq les plus polluantes en Europe* ».

M. Antoine Bonduelle. Certains pays sont industriels, d'autres sont financiers. Peut-être qu'en Europe, on peut commencer à faire la moyenne du travail et des productions des uns et des autres. Ce n'est peut-être pas non plus en concurrence européenne qu'il faut raisonner désormais.

M. Pierre Radanne. Je crois que les deux questions qui nous ont été posées sont au cœur de la discussion. Nous savons où nous sommes aujourd'hui, nous savons où nous devons être en 2050. Entre les deux, c'est le brouillard total. On n'a pas, aujourd'hui, de lisibilité des trajectoires. Sans lisibilité des trajectoires, on n'aura pas l'accord des citoyens. Chacun est dans l'idée que l'ensemble de la société doit bouger, sauf lui. Il y a là un vrai danger politique, il faut bien le comprendre. Sur la question de la construction d'une faisabilité, l'Accord de Paris est très bon puisqu'il repose sur l'idée que, tous les cinq ans, il faudra que l'on monte une marche d'escalier. Le problème est la question de la progressivité. Il faut une progressivité qui soit telle que chacun ait le sentiment qu'il va pouvoir faire les adaptations nécessaires dans une temporalité qui permet, sur la durée, de boucler les choses. Vous comprenez qu'il y a un vrai problème de modélisation, un vrai problème de circulation des connaissances. Ce n'est pas seulement de la technologie au sens *hard* du terme, il y a un vrai problème sur le *soft*.

M. Yves Bamberger. Si l'on regarde comment faire mieux fonctionner le couple franco-allemand, on constate qu'en ce moment, on optimise les systèmes électriques financièrement, localement et de façon séparée, dans une espèce de cuisine mixte européenne et nationale. On n'est pas encore dans une logique où l'on dirait qu'on veut minimiser les émissions de CO₂ du système électrique européen actuel et dans lequel il faudra être dans les années qui viennent. Cela nécessiterait, là encore, une approche systémique et de modifier les règles progressivement, pour que l'on fasse une optimisation du CO₂ produit par les centrales électriques de toute nature en Europe.

Mme Brigitte Vu, ingénieur et enseignant chercheur à l'IUT BM de Belfort. La réalité aujourd'hui, au niveau de l'Allemagne, c'est que 47 % de la production électrique est faite à partir du charbon. Aujourd'hui, on nous dit qu'à l'horizon 2050 il n'y aura plus de centrales au charbon. Effectivement, on a un objectif, mais on ne connaît pas la manière dont on va y arriver.

La France et l'Allemagne ont décidé, lors de la COP22, d'un programme de financement de l'efficacité énergétique dans les bâtiments, qui s'appelle le PEEB, et ce programme s'inscrit dans le cadre des actions de l'alliance mondiale pour le bâtiment et la construction. Cette alliance a été créée en 2015 à l'initiative des Nations unies et a été ratifiée lors de la COP de Paris. À ce jour, 22 pays, 50 organisations et 8 grands groupes signataires de cette alliance se sont engagés pour

intensifier la construction de bâtiments bas carbone. On a un certain nombre d'engagements, beaucoup de personnes qui s'engagent, mais derrière, on ne sait pas vraiment comment on va y arriver. On parle beaucoup de constructions bas carbone, cela signifie que l'on va construire du neuf, mais on a une vraie problématique au niveau de la rénovation de l'ensemble des bâtiments en France et en Europe.

Mme Anne-Yvonne Le Dain. Je voudrais juste donner une impression. Il me semble que la question des énergies fossiles devrait être réservée pour la production et non pas systématiquement pour la consommation. Tout ce qui est énergies renouvelables devrait être privilégié pour la consommation, notamment la consommation courante. Or, aujourd'hui, le fossile est utilisé pour la consommation. Pour produire des appareils qui permettront l'utilisation d'énergies renouvelables – je pense au solaire et à l'éolien – on a besoin de puissance. La puissance peut être apportée en durée et en énergie par le fossile. Je crois que l'on a vraiment un souci, qui n'est pas seulement écologique, mais qui est énergétique et économique à ne pas raisonner de cette manière, qui est extrêmement concrète.

Je voudrais également dire que toutes les sociétés occidentales sont en crise, de part et d'autre de l'océan Atlantique. Les élections qui viennent d'avoir lieu l'ont prouvé. L'idée qu'il faut que tout change sauf moi est partagée dans toutes les sociétés occidentales. La question du partage énergétique est donc cruciale. Elle pose une question politique.

M. Jean-Yves Le Déaut. Nous reviendrons peut-être tout à l'heure sur cette discussion. Nous allons passer maintenant à la partie sectorielle de nos débats.

**DEUXIÈME TABLE RONDE :
LES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES SECTORIELS ENVISAGÉS
DANS LES DOMAINES DE L'HABITAT, DE LA MOBILITÉ
ET DE L'AGRICULTURE POUR RÉSOUDRE LES PROBLÈMES
LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

**Présidence de Mme Catherine Procaccia, sénateur, vice-présidente
de l'OPECST**

Mme Catherine Procaccia, sénateur, vice-présidente de l'OPECST. Dans cette table ronde, nous allons aborder les progrès technologiques sectoriels qui peuvent être envisagés dans le domaine de l'habitat, de la mobilité, de l'agriculture pour résoudre les problèmes liés au changement climatique. Ce sont les trois secteurs d'activité qui génèrent le plus de gaz à effet de serre, ce sont aussi les domaines dans lesquels l'innovation peut être particulièrement féconde, où les ruptures technologiques peuvent être prévisibles et avoir, effectivement, des effets sensibles, nous le savons.

Les intervenants vont aborder les questions suivantes : dans le bâtiment, quelles sont les mesures qui permettront d'accélérer la rénovation des bâtiments et d'accélérer la diffusion des innovations ? Dans le transport, quelles sont les priorités pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et de particules fines ? Dans l'agriculture, quels sont les progrès attendus dans le traitement des données de masse avec le *big data*, les nouveaux biocarburants et les innovations frugales ?

Ces questions ont, quasiment, toutes fait l'objet de rapports ou de tables rondes ou d'auditions publiques à l'OPECST et ont donné lieu à des recommandations. Ce fut le cas lors de la préparation de la COP21, au cours d'une audition publique en septembre 2015 en présence des représentants du réseau européen EPTA auquel appartient l'OPECST.

L'objectif de cet après-midi est de faire le point sur ce qui s'est passé depuis cette date, de se projeter dans l'avenir, de se demander comment l'innovation et les ruptures technologiques vont permettre de mettre en œuvre ce qui était préconisé à Paris l'an dernier et ce qui a été confirmé il y a peu de jours à Marrakech.

Je vous rappelle les règles, et je me rends compte combien c'est difficile de ne parler que trois minutes trente, mais nous avons une troisième table ronde, et ce serait de l'égoïsme de dire que l'on va laisser déborder aussi la deuxième table ronde, au risque qu'un certain nombre de personnes n'assistent pas à la troisième. Je n'hésiterai donc pas à vous demander d'abrégé.

M. Philippe Mauguin, président de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Je ferai le point sur le secteur des terres et la contribution de l'agriculture au changement climatique, en écho à Danielle Auroi qui regrettait que l'agriculture ait été absente lors de la COP21. En fait, elle ne l'était pas complètement, c'est ce que je vais évoquer avec vous.

L'Accord de Paris, et les experts l'ont reconnu, avec son objectif de maîtrise à 2 degrés, suppose la neutralité carbone dans la seconde moitié du XXI^e siècle. Les contributions nationales des États rapportées à Paris ne permettent pas d'atteindre cet objectif. Cela a été dit, il faut trouver des efforts supplémentaires dans les secteurs de l'énergie, du transport, de l'industrie, de l'habitat, mais aussi de l'agriculture, du secteur des terres.

Il s'est quand même passé des événements : 130 pays ont pris des engagements dans le secteur des terres à Paris, ce n'est certes pas suffisant mais il faut quand même le signaler, 103 pays pour l'agriculture, 128 pays pour la forêt, que ce soit sur le volet atténuation ou adaptation. Le point important que je vais développer aujourd'hui concerne la séquestration du carbone dans les sols. En matière d'atténuation, des scientifiques ont montré, lors d'un grand rassemblement scientifique entre les spécialistes du climat et de l'agronomie, en mars 2015 à Montpellier, le potentiel très important de séquestration du carbone dans les sols. À l'échelle mondiale, on le sait, dans les quarante premiers centimètres du sol, tout autour de la terre, on a 860 milliards de tonnes de carbone environ. C'est de là qu'est parti le projet 4 pour 1 000 : avec une augmentation de 0,4 % du stockage par an – c'est difficile, mais ce n'est pas inaccessible – nous pourrions doubler le puits de carbone des surfaces continentales. C'est près de 3,5 milliards de tonnes par an qui pourraient être ainsi stockées. Cela concerne tous les sols, les sols agricoles, forestiers, les sols dégradés. Ce n'est évidemment pas du tout facile. Cela ne veut pas dire qu'on n'aura plus besoin de faire d'efforts, y compris en agriculture, mais si on ne le fait pas, on n'arrivera probablement pas à boucler le cycle du carbone.

Depuis lors, les scientifiques ont étayé cette hypothèse, ce pari de Paris qui était le pari du 4 pour 1 000. Nous en avons débattu à Marrakech entre l'INRA, le CIRAD, l'IRD, le Centre de recherche international agronomique. Nous avons pu montrer que les capacités d'absorption des sols permettent d'intégrer ces 4 pour 1 000 supplémentaires par an, pendant trente ans. C'est possible au Nord et au Sud. Ce ne sont pas seulement les sols pauvres en carbone qui devraient et pourraient faire un effort supplémentaire, mais aussi les sols les plus riches qui ont ce potentiel. Cela suppose, évidemment, un effort très important, une évolution très forte des pratiques agricoles dans le temps, sur trente ans.

Ensuite, cela fait écho à ce que disait Pierre Radanne, sur une question sociale de politique publique : pour que ce soit intéressant, il faut qu'ensuite ces pratiques soient pérennes dans le temps pendant plusieurs décennies, puisque si on arrête après 20 ou 30 ans, on perd rapidement tout le bénéfice de ce stockage. Ce qui veut dire que les scientifiques qui sont maintenant bien organisés au niveau

mondial sur cette problématique du 4 pour 1 000 devront travailler en interaction étroite avec ceux qui s'occupent des plans d'action pour l'agriculture. C'est ce que nous allons essayer de faire. Il faut que nous puissions en même temps avancer sur la recherche et sur les projets pilotes de séquestration du carbone. Nous, l'INRA, avec le soutien de l'ADEME, allons essayer de faire financer en Europe des démonstrateurs de stockage de carbone grâce à l'agroécologie dans des agroécosystèmes du Nord, mais il faudra aussi que nous avancions avec le CIRAD et l'IRD sur les projets concrets au Sud.

M. Pierre Dechamps, administrateur à la direction générale recherche et innovation de la Commission européenne. La Commission européenne met en œuvre toute une série d'actions de recherche et développement, d'innovation technologique en complément des mesures réglementaires et des directives que nous avons mises sur pied dans les paquets énergie climat 2020 et 2030. Pourquoi ? Parce que la recherche comme le développement, l'innovation, diminuent immédiatement le coût découlant de l'obligation d'aller vers des objectifs ambitieux comme ceux de l'Accord de Paris. Elles défendent notre compétitivité et, donc, l'emploi et la croissance. Elles nous positionnent dans une course à l'économie verte où d'autres acteurs, d'autres régions du monde sont partis très fort, très vite.

Au niveau sectoriel, nos actions de recherche et développement, d'innovation correspondent à trois catégories principales qui sont la mitigation, l'adaptation, mais aussi le développement des services climatiques, car l'on peut imaginer que de nouveaux secteurs industriels, de nouveaux secteurs de service se développent sur la base de notre connaissance du système climatique. Comme on vend actuellement des services météo, on peut très bien vendre, à un moment donné, des services climatiques.

Si nous essayons de voir ce qui peut se passer dans les années à venir, je crois que l'on ne peut qu'avoir une approche systémique, holistique et sociétale, et envisager les différents systèmes ou les différents secteurs sous l'angle des défis qu'ils nous posent. Dans le secteur du transport, nous avons probablement un grand défi : si l'on essaye de traduire l'Accord de Paris à l'échéance de la moitié de ce siècle, on se rend compte qu'une voiture moyenne vendue en 2050 devrait, pour bien faire, avoir des émissions de CO₂ qui soient à peu près 10 % des émissions des voitures qui sont actuellement vendues. Ce résultat ne sera pas atteint par un véhicule basé sur le moteur à combustion interne comme nous le connaissons maintenant, en tout cas en moyenne. Et encore, il faudrait, pour bien faire, considérer ces émissions de CO₂ sur l'ensemble de la vie du véhicule, en tenant aussi compte de sa fabrication et pas seulement de son utilisation.

Dans le secteur du bâtiment, on constate des efforts d'isolation et des possibilités de pompe à chaleur sur base d'électricité décarbonée. En France, l'électricité est déjà fortement décarbonée. Le secteur de l'agriculture est extrêmement difficile, car c'est probablement l'un des secteurs où l'on touche assez rapidement à nos habitudes alimentaires et à notre comportement. Comme le

commissaire Moedas l'a rappelé en ouverture de cet après-midi, la digitalisation de l'économie arrive avec, heureusement, les possibilités qu'elle offre en termes d'information et de rôle accru que l'on peut donner aux citoyens dans la transition.

Comment est-ce que cela se traduit dans les actions présentes et immédiates de la Commission ? Le paquet énergie climat devrait être publié la semaine prochaine. On y trouve de nouvelles règles pour le marché électrique, qui mettent plus en avant le citoyen, un document sur la soutenabilité des biocarburants, un document sur l'accélération de la recherche, de la technologie et de l'innovation.

Nous avons mis aussi sur pied un panel de haut niveau qui réfléchira de manière globale, sociétale et systémique. Madame Tubiana y participera. Nous avons aussi rejoint la Mission innovation qui vise à doubler le financement de la recherche et développement, et de l'innovation entre la période actuelle et l'année 2020 et qui poursuit des objectifs très ambitieux.

Mme Catherine Procaccia. Vous avez évoqué le bâtiment, c'est la raison pour laquelle je passe tout de suite la parole à Monsieur Philippe Pelletier, qui est chargé, depuis 2009, du plan Bâtiment durable, et à qui le Gouvernement vient de confier une mission.

M. Philippe Pelletier, avocat d'affaires. Je vais évoquer trois innovations technologiques dans le domaine de l'innovation et de la transition énergétique des bâtiments. Je vais aussi mentionner les autres innovations d'ordre organisationnel et sociétal qu'il faut installer ou développer, comme Pierre Radanne l'évoquait tout à l'heure. C'est par elles que je commence.

Je retiens six innovations organisationnelles pour accompagner la rénovation énergétique des bâtiments. Premièrement, nous avons impérativement besoin, et je pense que c'est possible maintenant, d'un cadre juridique et fiscal stable sur plusieurs années.

Deuxièmement, nous avons besoin de mener à bien la première expérimentation très importante qui démarre. Vous savez que sur la base d'un référentiel établi en bon accord entre l'État et les professionnels, nous développons des labels carbone énergie qui vont permettre de construire des bâtiments nouveaux en préfiguration de la future réglementation environnementale qui viendra à l'horizon 2020. Nous avons ainsi au moins deux ans pour expérimenter ce que pourrait être cette future réglementation sur des sujets, évidemment, extrêmement nouveaux. Préservons cette expérimentation et développons les expérimentations chaque fois que possible.

Troisièmement, il faut impérativement que nous développons un marketing innovant de l'offre de services en matière de rénovation. Continuer à parler à l'égard de tous les ménages du simple souci d'économie d'énergie revient à ne s'adresser qu'à une partie de la société. Il faut donc à la fois jouer de nouveaux leviers et saisir les moments-clés pour les mettre en avant. Il s'agit de la

valeur du bien et, donc, de la préservation de la valeur du patrimoine, du confort, du vieillissement, du maintien à domicile des personnes à mobilité réduite. Les moments-clés sont la transaction (850 000 transactions en 2016 devraient être une occasion que nous ne saisissons pas encore pour réaliser les opérations de rénovation) mais aussi la naissance d'un enfant, le départ d'enfants plus âgés, la retraite. Voilà des moments auxquels, probablement, l'action de rénovation peut être mise en œuvre.

Quatrièmement, il faut qu'en face nous présentions une offre groupée de services et de travaux avec un interlocuteur unique créant ainsi un écosystème de l'offre collaborative. Il reste encore à faire.

Cinquièmement, il faut développer des garanties de performance. On ne va pas pouvoir durablement continuer à demander à la société française de dépenser beaucoup d'argent, sans que le résultat, du moins la performance, puisse être garantie.

Sixièmement, il faut davantage mobiliser les réseaux bancaires au service de ce grand chantier, ou alors il faudra développer des solutions de tiers financement qui n'ont pas encore éclos.

Pour terminer, il faudra trois innovations technologiques. La première est évidemment l'invasion du numérique dans le bâtiment. La deuxième est qu'il va falloir organiser une production mutualisée d'énergie renouvelable, car ce n'est pas chaque bâtiment qui va produire son énergie, et il va falloir organiser son autoconsommation au moins partielle. La troisième est qu'il faut mesurer intelligemment le poids carbone du bâtiment au cours de son cycle de vie et, là, nous avons besoin d'innover collectivement.

Mme Catherine Procaccia. Merci d'avoir pu nous présenter en trois minutes toutes ces pistes et ces innovations sur lesquelles, je pense, l'ADEME aura son mot à dire.

M. Daniel Clément, directeur scientifique adjoint de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Quelques mots sur l'ADEME, dont la mission est la mise en œuvre des politiques publiques dans le domaine de la maîtrise de l'énergie et de l'environnement. À ce titre, elle est complètement investie dans l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris. Sa première originalité est de couvrir de nombreux thèmes. La plupart des sujets que nous avons traités et qui vont être traités cet après-midi nous sont familiers. Je pense également au domaine de l'industrie ou de l'industrialisation que nous voyons en filigrane, qui est plus transversal, mais qui est également d'importance.

L'autre originalité est la capacité de mobilisation de nombreux acteurs de la recherche, des collectivités, des entreprises, des particuliers. C'est également l'inscription dans le concert européen et international et la contribution comme la participation à la mission innovation qui a été présentée en introduction par Laurence Tubiana. De tous ces contacts, il ressort que, bien sûr, la technologie et

les ruptures technologiques sont tout à fait importantes. Au-delà de la technologie, le volet comportement, citoyen et humain doit être pris en compte. À ce titre, les technologies numériques ont, sans doute, si elles sont bien maîtrisées, un rôle tout à fait positif à jouer.

En amont de la COP21, l'ADEME a proposé des scénarios repris et validés depuis par de nombreux autres acteurs, qui ont montré que les objectifs de réduction par deux à l'horizon 2050 de la consommation énergétique et de réduction de 75 % des émissions de gaz à effet de serre – le fameux facteur 4 – étaient non seulement réalistes, mais atteignables avec des moyens qui restaient mesurés. C'est un point important sur lequel le législateur a pu s'appuyer pour préparer la loi sur la transition énergétique et la croissance verte.

L'ADEME est donc un acteur de l'innovation. À ce titre, son rôle d'opérateur du programme des investissements d'avenir a permis un engagement massif et une mobilisation des acteurs de l'innovation. Ce sont plus de 450 projets qui ont été mis en œuvre, qui sont financés à hauteur de 2 milliards d'euros depuis 2010, montant qu'il faut multiplier par un facteur 3 pour avoir une idée de l'effort qui a été consenti au niveau national sur ces domaines de l'innovation qui touchent effectivement tous les thèmes susceptibles de réduire nos consommations et nos émissions. Les acteurs ont été, au début, beaucoup de grandes entreprises, mais nous avons vu aussi, depuis deux ans, des appels à projets qui ont visé les PME et qui ont eu un grand succès.

J'aurais beaucoup d'exemples à donner. L'économie circulaire fait aussi partie des thèmes qui ont une contribution en matière d'émission à effet de serre, il ne faut pas l'oublier, cela fait partie du « package ». Là où il y a peut-être le plus en matière de rupture se trouvent les interfaces, c'est-à-dire les réseaux, qu'ils soient électriques, gaziers ou de chaleur. Il y a aussi l'hydrogène et les énergies marines, ce qui est une grande surprise car, en 2010, on en parlait à peine, cela paraissait très lointain. Or, c'est le secteur qui a eu l'aide la plus importante des investissements d'avenir.

M. Hervé Charrue, directeur de la recherche et du développement du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Sur les 34 millions de logements, on se retrouve avec un taux de renouvellement de 1 % par an. On sait, en plus, que les usages de l'énergie ne concernent pas seulement la chaleur, l'électricité, le chauffage et l'eau chaude sanitaire. On peut rajouter la mobilité, l'énergie grise, qui est très importante pour le carbone. Ensuite, il y a les autres usages de l'énergie qui ne cessent d'exploser, avec l'introduction du numérique.

La COP21 a bien fait le lien entre énergie et carbone. Tout ceci prône une approche en cycles de vie. Le numérique au sens large (c'est-à-dire le *building information model* intégré aux maquettes numériques, qui permettent une description du bâtiment, de son environnement urbain jusqu'à la descente du bâtiment, l'intégration des composants et des équipements, jusqu'au matériel éventuellement) permet de gérer l'efficacité énergétique, l'efficacité en termes de

risque, en termes de confort et de santé. C'est un enjeu critique et crucial parce qu'il permet d'avoir une vision systémique et d'organiser une approche *performantielle*. Il intègre les produits bas carbone, les bétons bas carbone, les solutions bois qui vont être développées, les connexions aux énergies renouvelables, les connexions aux réseaux de chaleur et de froid, la récupération des chaleurs de froid sur les chaleurs fatales et les réseaux Smarts. Tout ceci, autour d'une structure de l'usage, et je dirai de l'usage du citoyen, mais aussi de toute la chaîne d'acteurs. Parce que, quand on parle de l'usage, on a tendance à penser citoyen/utilisateur final. Il faut intégrer toute la chaîne d'acteurs que l'on a vus interconnectés avec les autres usages de l'urbain, la mobilité, le travail avec le tertiaire, les loisirs et l'intégration dans l'échelle urbaine. Comme 80 % des gens vivent en ville, l'enjeu est de taille.

Pour passer de l'innovation (ou des innovations qui vont permettre d'avoir des bâtiments confortables ne consommant pas d'énergie ou ne rejetant pas de carbone) à l'action, nous avons besoin d'une force de travail importante. Aujourd'hui, nous faisons à peu près 1 % de rénovation par an, sur 3 milliards de mètres carrés pour le logement. Il y a donc un énorme réservoir d'emplois dans ce secteur, avec une innovation potentielle venant du *building information model*. Mais nous avons toute une chaîne d'acteurs dont nous connaissons aujourd'hui la performance relative, sachant que les non-qualités dans la construction sont de l'ordre de 20 % du chiffre d'affaires annuel sur ce sujet.

L'enjeu, au-delà des innovations, est leur mise en œuvre pour obtenir les performances que l'on souhaite dans les délais souhaités. Nous avons un véritable effort à faire, que ce soit dans les formations, y compris dans l'effort de R&D de la part des pouvoirs publics et des industriels.

Pour terminer, je rappelle que le niveau de recherche dans ce secteur du bâtiment, qui n'est pas considéré comme un secteur au sens propre, est de 0,1 % à 0,3 %, ce qui est excessivement faible. C'est néanmoins l'effort que l'on devra porter au niveau national et international, même si les niveaux sont les mêmes au niveau international.

Mme Catherine Procaccia. Nous allons quitter l'habitat pour passer la parole aux constructeurs français d'automobiles, avec Monsieur Nicolas Le Bigot.

M. Nicolas Le Bigot, directeur des affaires environnementales et techniques du Comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA). Je commencerai mon intervention par un bref cadrage au plan mondial, pour ensuite en venir aux problématiques davantage européennes et françaises et aux solutions à mettre en œuvre.

Au niveau mondial, je m'appuierai sur une étude prospective récente d'un consultant à laquelle la filière automobile française a contribué, et qui donne des perspectives à horizon 2030 sur l'évolution de la demande en énergie dans les transports. Cette étude a considéré un scénario de référence bâti sur des

hypothèses de faible croissance économique mondiale, et à l'inverse, de fortes pressions réglementaires sur le plan environnemental, issues des engagements de la COP21.

La bonne nouvelle, c'est que les prévisions d'émission du transport routier au plan mondial devraient commencer à baisser à partir de 2020. Dans cet ensemble, évidemment, il y a de fortes disparités. Des augmentations d'émission de CO₂ du transport routier viendront des pays émergents, du fait de la croissance de la démographie dans ces zones et de la croissance associée de la demande de mobilité. Des réductions proviendront, à l'inverse, en grande partie d'Europe et d'Amérique du Nord. Pour l'Europe, les constructeurs sont dans un continuum d'amélioration permanente de leurs véhicules, chaque génération de véhicules est plus performante que la précédente, et les résultats sont tout de même bien visibles, puisque même si les émissions de CO₂ sont stagnantes, cette stagnation intervient dans un contexte de forte demande de la mobilité. Cela signifie qu'il y a un gros effort d'efficacité énergétique dans le parc de véhicules, sans compter sur la part de biocarburant qui est incorporée dans les carburants du marché et qui fait que les émissions du transport routier, au moins en France, sont en légère baisse depuis 2008.

Pour les particules, les données que nous utilisons proviennent du CITEPA qui réalise des inventaires des émissions pour le compte du ministère de l'écologie à partir de facteurs d'émission en usage réel – les usages réels permettent de nous exonérer de la problématique de la représentativité des cycles à l'homologation. Le CITEPA montre que sur les dix dernières années, les émissions de particules au plan national ont baissé de 46 %. Bien sûr, dans ce domaine, les perspectives sont plutôt encourageantes, puisque les améliorations à venir viendront des véhicules du parc automobile qui continuent d'être équipés en filtres à particules. Je le rappelle, ce filtre à particules est très performant, puisque sa performance est de 99 % en nombre de particules – je cite l'ADEME sur ce point.

Les améliorations de la technologie automobile sont guidées par la réglementation, qui fixe des niveaux de performance à atteindre. Les constructeurs travaillent pour atteindre ces réglementations au meilleur coût. Ils proposent des technologies au meilleur coût, ce qui ne veut pas dire avec des performances dégradées. Mais il faut nous laisser des délais pour faire la R&D nécessaire, et des délais de mise en œuvre industrielle. Nous sommes à ce titre parfaitement en ligne avec la règle des cinq ans entre l'adoption d'une nouvelle norme et son entrée en vigueur effective qui a été proposée par le rapport de la mission d'information de l'Assemblée nationale sur l'offre automobile française (mission présidée par Madame Sophie Rohfritsch et dont le rapporteur était Madame Delphine Batho).

En matière d'évolutions technologiques à venir, à l'horizon 2030, nous retenons un certain nombre d'enseignements, notamment un axe majeur de développement technologique : l'électrification. La part de marché des véhicules électrifiés (véhicules hybrides rechargeables et véhicules électriques) devrait atteindre 22 % à horizon 2030 contre 1 % aujourd'hui. Cette part de marché

dépendra du niveau de déploiement des infrastructures de recharge à cet horizon. Bien entendu, les moteurs thermiques ne sont pas en reste, nous avons encore des technologies assez prometteuses dans ce domaine.

Au-delà de ces problématiques de diffusion dans le parc des nouvelles technologies, pour se projeter dans la trajectoire des efforts à fournir afin de respecter les engagements de la COP21, il faut mettre en œuvre une approche intégrée, mobilisant tous les leviers d'action. J'en citerai trois principaux. Le premier est la décarbonation des énergies finales *via*, notamment, les biocarburants, qu'il faut continuer de soutenir, et la production d'électricité à partir de renouvelables. Le second levier est le développement des nouvelles mobilités, du covoiturage et de l'auto-partage. Le troisième concerne les systèmes de transport intelligent.

Mme Lorelei Limousin, responsable des politiques transports-climat au Réseau Action Climat-France. Je ferai d'abord un commentaire général sur les scénarios ADEME ou négaWatts qui visent le 100 % énergie renouvelable, mais qui nous montrent qu'il n'y a pas nécessairement besoin de rupture technologique pour atteindre les objectifs que s'est fixé la loi de transition énergétique. Néanmoins, il est important de se projeter à long terme pour identifier les solutions qu'il est nécessaire de développer sur le plan de la recherche. J'interviendrai donc principalement sur le secteur des transports, en soulignant que les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté ces deux dernières années, en 2015 et 2016, et que c'est assez inquiétant, parce que c'est évidemment une tendance inverse aux objectifs qui sont fixés par l'Accord de Paris et la loi de transition énergétique.

Je voudrais revenir sur les travaux du groupe d'experts sur la transition énergétique qui ont donné lieu à la loi de transition énergétique pour la croissance verte. Ils montraient que la moitié du gisement en termes d'économie d'énergie dans les transports résidait dans les progrès technologiques, l'autre moitié étant dans le changement de comportement des pratiques de mobilité et de transport de marchandises. Il y a évidemment le report modal, l'atteinte de l'objectif de facteur 4 qui est, par ailleurs, certainement à revoir à l'aune des nouveaux objectifs fixés par l'Accord de Paris, à savoir le maintien de la hausse des températures à 2 degrés, voire à 1,5 degré. Cet objectif repose largement sur une transformation des pratiques de transport et de mobilité en plus des progrès technologiques. De ce point de vue-là, ce ne sont pas tant les progrès technologiques qui manquent à l'appel que la volonté politique et les financements.

Pour entrer dans le vif du sujet sur les progrès technologiques, il faut s'assurer avant tout qu'ils permettent une véritable réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il faut aussi traiter du respect des droits humains et de l'environnement. Pour garantir la réduction des gaz à effet de serre, il faut faire une analyse des cycles de vie, ce qui nous semble essentiel à la fois sur les questions des biocarburants qui ont pu conduire à une hausse des émissions de gaz

à effet de serre en réalité, mais aussi sur l'électricité qui, quand elle n'est pas renouvelable, a encore plus d'impact.

En matière de progrès technologiques dans les transports, les progrès sont guidés par la réglementation. La stratégie de développement de mobilité propre et le paquet énergie climat, qui fixe un objectif de réduction de 30 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 dans les transports, reposent sur une généralisation des véhicules consommant deux litres aux cent en 2030, ce qui équivaut à environ 50 grammes de CO₂ par kilomètre. Elles reposent aussi sur une amélioration de l'efficacité énergétique des poids lourds et de leur consommation unitaire. Or, on observe cette dernière décennie qu'il y a très peu d'amélioration de la consommation de carburant des poids lourds. Je profite de la présence de représentants de la Commission européenne pour souligner l'importance et l'urgence de mettre en place une réglementation européenne sur les émissions de CO₂ des véhicules lourds. S'agissant des véhicules légers, il y a besoin de visibilité, de lisibilité. Il nous paraît donc essentiel de commencer à tracer la feuille de route avec des objectifs, des points d'étape à l'horizon 2025-2030 pour améliorer la performance énergétique des véhicules.

M. Pascal Laude, directeur efficacité énergétique et énergie Grand Est pour EDF. Nous avons évoqué, il y a un peu plus d'un an, ici, dans le cadre des rencontres avec l'EPTA, l'intérêt de la norme Iso 50001 qui est une norme sur le management de l'énergie. L'objectif était de structurer une démarche sur la rénovation du bâtiment, de manière à garantir des résultats et à massifier la rénovation – la Wallonie a dit, tout à l'heure, qu'il fallait travailler sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Cette norme définit et agit sur tous les postes en relation directe ou indirecte avec la consommation d'énergie. Dans notre cas, cela va aller des utilisateurs au bâtiment lui-même. Pour rebondir sur ce qu'a dit Pierre Radanne tout à l'heure, on fait bien, dans le cadre de la norme Iso 50001, un raisonnement par usage.

Juste un petit rappel des chiffres qui ont été publiés : 6 millions de ménages sont en précarité, ce qui représente 12 millions de personnes dont 10 % du revenu est consacré à l'énergie. Vous allez me dire qu'il existe de nombreux textes de loi en lien avec la troisième directive européenne ou avec le droit français, mais dans tous les cas, ce sont des éléments de puzzle qui travaillent sur trois conditions : un programme de travaux adaptés, un plan de financement, un accompagnement des copropriétaires. Mais, à chaque fois, on retrouve toujours la même question : pourquoi les études énergétiques sont-elles toujours non applicables et aussi décevantes ? Il en résulte toujours la même conclusion de la part des propriétaires utilisateurs : « *Nous ne donnerons pas de suite à la rénovation de notre propriété* ».

En effet, quel que soit l'audit, il ne permet pas de résoudre la problématique énergétique en globalité et de mettre l'utilisateur qui est investisseur au cœur du problème de sa consommation d'énergie. Il était donc nécessaire de définir une méthodologie qui permette de rendre l'audit énergétique

acceptable et fiable, c'est-à-dire de sortir des coûts de travaux anxio-gènes et irréalistes s'il n'y a pas de subvention.

Cette action d'amélioration permet de remettre l'utilisateur au cœur de la problématique (avec le numérique, c'est l'utilisateur, comme l'a dit le commissaire européen, qui agit sur les producteurs d'énergie et de services) et de trouver un équilibre entre consommation énergétique, gain immédiat, confort et coût des travaux optimisés, avec l'intégration des aides financières. Cette méthodologie d'amélioration de l'habitat, aujourd'hui, est développée sur un démonstrateur avec un bailleur social sur 43 000 logements. Elle va être certifiée Iso 50001. Nous la mettons en place sur une copropriété avec quatre-vingts copropriétaires bailleurs occupants. Nous allons faire un démonstrateur en réel sur 12 000 carrés sur le tertiaire, pour aller mettre en œuvre cette boucle d'amélioration continue.

Le bilan de la copropriété avec l'analyse de la consommation réelle de référence est important, c'est une exigence de la norme. La vraie nouveauté est de définir les attentes des copropriétaires. Ce sont les copropriétaires, donc les utilisateurs, qui orientent l'étude, et ce n'est pas le bureau d'études qui vient dire : « *Voilà la solution, vous n'avez pas le choix, c'est ça ou rien* ». C'est l'utilisateur que l'on remet au cœur du problème. Après, nous faisons un audit qui est dit réglementaire, où nous allons parler d'usage énergétique, d'indicateurs de performance. Mais, surtout, nous faisons de la mesure et une modélisation dynamique. Nous allons essayer d'investir là où il est nécessaire d'investir et ne pas faire de la surqualité. Après, nous établirons un plan d'action qui permettra de définir les travaux, de les programmer et d'aller chercher les financements nécessaires. Puis, nous mettrons en œuvre, ferons un bilan des premiers éléments mis en œuvre et un retour aux copropriétaires et nous repartirons dans la phase d'étude. C'est une boucle d'amélioration

Cette démarche est une déclinaison conforme à la norme Iso 50001 relative au management de l'énergie. Elle a permis de définir et de planifier un programme de travaux sur plusieurs années en fonction, entre autres, des vieillissements du bâti et des équipements – nous répondons ici à une partie des questions évoquées par Monsieur Pelletier tout à l'heure. Elle a permis de séquencer les travaux indissociables et, au regard du démonstrateur, de faire des choix cohérents, de provisionner les fonds nécessaires et d'optimiser le coût des travaux.

M. Dominique Herrier, directeur adjoint du Centre de résultats transports d'IFP Énergies nouvelles. Je rappellerai la contribution du transport, qui est responsable de 28 % des émissions de gaz à effet de serre, ce qui est une proportion très importante. Le transport routier par lui-même est responsable de 95 % de ces émissions. Mon propos sera focalisé sur le transport routier, ce qui ne veut pas dire qu'il faut laisser pour compte les autres domaines du transport, notamment le transport aérien. Je soulignerai les différentes technologies qui sont actuellement mises en œuvre et qui sont déjà identifiées pour réduire les émissions

et l'impact environnemental de ce secteur transport. Je commencerai par la première, qui porte sur les motorisations thermiques.

Les motorisations thermiques sont encore capables de progrès relativement conséquents, même si elles ont été l'objet de nombreux développements au cours des vingt ou trente dernières années. On peut considérer qu'en matière de consommation, donc d'émission de CO₂, les progrès peuvent être de l'ordre de 10 à 20 % par rapport à la situation présente. Vous voyez que c'est un potentiel qu'il ne faut pas négliger, surtout avec une vision à moyen ou long terme.

Le deuxième axe sur lequel je m'appuierai concerne le domaine des carburants bas carbone, en particulier les biocarburants. Si l'on prend en compte les différentes filières, il faut garder à l'esprit l'impact immédiat des biocarburants sur les émissions de CO₂ puisque ces biocarburants sont incorporés, pour la plupart, dans le carburant existant, ce qui veut dire que l'augmentation de l'incorporation provoque tout de suite un effet immédiat sur les émissions de CO₂ du parc.

Le troisième axe sur lequel il faut souligner l'importance des efforts à engager est l'électrification et l'hybridation de la chaîne de propulsion, sachant que c'est une démarche qui permet de combiner deux technologies à bord du véhicule, deux types d'énergie, l'énergie conventionnelle sous la forme de carburant et l'énergie électrique. Cette combinaison permet d'optimiser l'ensemble de la chaîne de propulsion, c'est-à-dire de tirer parti de l'optimum de chaque mode de propulsion. C'est une technologie qu'il faut donc absolument développer. On peut aller plus loin en allant, bien entendu, jusqu'à l'électrification à 100 %, donc le véhicule 100 % électrique en gardant à l'esprit, comme vous le savez, que le véhicule 100 % reste encore pénalisé par son degré d'autonomie, même si les choses évoluent de façon très rapide dans ce domaine. Le coût de la batterie et le déploiement encore limité de l'infrastructure de recharge sont en train d'évoluer très rapidement si l'on en croit les dernières présentations auxquelles nous avons pu assister.

Un autre point qui est extrêmement important en ce qui nous concerne, est l'allègement du véhicule, puisque lorsque l'on travaille sur l'allègement de l'architecture du véhicule, on peut gagner très rapidement, là encore, en émission de CO₂, donc en consommation. Gardons à l'esprit qu'une économie de 100 kilogrammes sur un véhicule de gamme moyenne permet de gagner à peu près 5 % de consommation. Vous voyez que, là encore, il y a un effet relativement rapide sur ce paramètre. C'est une évolution qui est aussi transposable et qui est bien entendu utilisée dans le domaine de l'aéronautique.

Je voudrais insister sur la connectivité du véhicule, puisque c'est un sujet qui nous permet d'optimiser encore l'usage du véhicule. C'est vraiment axé sur l'usage, cela prend en compte le comportement réel du conducteur et cela prend en compte l'environnement, l'infrastructure dans laquelle évolue le véhicule. Cette

action permet finalement de mettre en œuvre une démarche vertueuse, visant à éduquer l'utilisateur. Le gain potentiel dans ce domaine est de l'ordre de 15 % à 20 % en termes de consommation. Là encore, c'est un point extrêmement fort.

Pour mettre en œuvre l'ensemble de ces dispositions, de ces technologies, il faut garder à l'esprit l'importance du parc automobile qui représente actuellement 40 millions de véhicules en France. On renouvelle le parc à hauteur de 2 millions de véhicules par an. Donc, ayons en tête le fait qu'il faudrait 20 ans ou plus pour renouveler l'ensemble du parc et mettre en place ces technologies. Toute action permettant d'accélérer ce processus sera efficace.

Mme Catherine Procaccia. Nous quittons la terre et nous passons à l'espace et au climat. C'est Monsieur Lecomte qui est chef du bureau climat à l'ESA qui va nous parler d'un sujet que nous suivons aussi de très près à l'OPECST.

M. Pascal Lecomte, chef du bureau climat à l'Agence spatiale européenne (ESA). La COP21 était la COP de la décision, et des décisions fortes ont effectivement été prises. Le 4 novembre dernier, à la veille de la COP22, cet accord est entré en vigueur. Aujourd'hui, l'Accord de Paris a été ratifié par cent-treize pays, représentant plus de 75 % des émissions de gaz à effet de serre. Le protocole de Marrakech, adopté vendredi dernier par les États participants à la COP22, ouvre une ère nouvelle d'implémentation et d'action pour le climat et le développement. Après la COP de la décision, la COP22 était la COP de l'action.

En réponse aux besoins exprimés par la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, les agences spatiales sont prêtes à relever le défi et à mettre en place les actions nécessaires. Les données spatiales sont essentielles à la gestion des risques liés au changement climatique et sont indispensables à l'étude des actions, à l'adaptation et l'atténuation de ce changement. Ces données doivent s'inscrire dans un système intégré englobant les données *in situ* et la modélisation.

Le système mondial d'observation du climat a défini une série de variables climatiques essentielles dont 26 ne sont accessibles que de l'espace. Les agences spatiales en général, et l'ESA en particulier, contribuent de manière significative à ces dernières, ainsi qu'à la modélisation des processus climatiques, par exemple grâce à son programme Initiatives sur le changement climatique. L'ESA implique plus de trois cents experts en Europe, a permis la publication de plus de trois cent cinquante articles dans des publications à comité de lecture, qui ont été cités soixante fois dans le cinquième rapport d'évaluation du GIEC. Les agences spatiales ont mis en place une architecture et une stratégie pour un système spatial d'observation du climat, dont l'objectif est de faciliter la communication entre ces agences, la communauté scientifique travaillant sur le climat et les bénéficiaires de ces données afin de les aider dans leur processus de décision, c'est-à-dire vous, Messieurs et Mesdames les Députés et Sénateurs.

La contribution importante des agences spatiales à l'adaptation et à l'atténuation du changement climatique implique une réponse collective de l'ensemble de ces agences. Ces dernières ont mis en place et continuent de faire évoluer un ensemble de moyens d'observation systématique du climat qui permet de renforcer nos connaissances, de fournir les données nécessaires au service climatique et à la prise de décision. Les activités climatiques rentrent dans un cadre international très efficace coordonné par le comité des satellites d'observation de la Terre, le CEOS, composé de soixante membres dont le CNES en France et l'ESA au niveau européen, ainsi que du groupe de coordination des satellites météorologiques composé de quinze membres.

Les agences spatiales reconnaissent que les données de haute qualité sur les gaz à effet de serre sont essentielles pour suivre le progrès en vue d'atteindre les contributions prévues qui sont déterminées au niveau national et pour faciliter le calcul du bilan mondial. Cela implique des progrès technologiques importants, aussi bien dans le segment spatial avec de nouvelles missions satellitaires, tels que Microcarb proposé par le CNES ou CO₂ proposé par la commission, que dans l'interprétation et l'exploitation de ces nouvelles données, en particulier grâce à la modélisation. L'implémentation de la stratégie du CEOS pour l'observation du carbone à partir de l'espace guide ses efforts. Dans cette même logique, les agences spatiales sont responsables de la mise en œuvre du programme collaboratif des Nations unies sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en voie de développement.

Mme Catherine Procaccia. Nous savons tous ce que nous devons aux satellites dans notre quotidien. Le spatial est essentiel.

M. Joseph Beretta, président d'Avere-France. Je voudrais préciser que le concept de mobilité électrique recouvre pour nous les véhicules électriques à batterie, les véhicules hybrides, dont l'hybride rechargeable, et les véhicules à piles à combustible.

Si je n'avais qu'un message à vous passer, je vous dirais : il faut poursuivre et intensifier les efforts de recherche et d'innovation dans ce domaine.

Je qualifierai la mobilité électrique de chaînon manquant entre les autres secteurs qu'a cités la Commission européenne, c'est-à-dire le stockage de l'énergie, les bâtiments et les énergies renouvelables. Le véhicule électrique et les véhicules à piles à combustible peuvent permettre – les véhicules à piles à combustible *via* le vecteur hydrogène – de stocker de l'énergie électrique renouvelable. Les batteries des véhicules électriques peuvent aussi stocker cette énergie. Aujourd'hui, il y a vraiment un lien entre ces différents secteurs et pour les bâtiments, la France est même en retard, puisqu'au Japon existe déjà depuis plusieurs années le véhicule *to home* où des solutions existent pour raccorder le véhicule électrique à sa maison.

La mobilité électrique est un gisement important de nouveaux services qui permettent de relier à la fois l'individuel et le collectif. Pour cela, vous avez, dans les grandes villes, le libre-service de voitures électriques : à Paris, Bordeaux, Lyon et Nice, cela fonctionne. Mais cela va un peu plus loin, puisque se développent aussi des libres-services au niveau des immeubles collectifs. Sont mis à disposition des propriétaires deux ou trois voitures électriques qu'ils peuvent louer d'eux-mêmes. Cela va un peu plus loin, puisque nous abordons et que nous devons traiter le dernier kilomètre électrique pour faire en sorte que nos villes ne soient plus engorgées de véhicules bruyants et polluants qui livrent les petits colis.

Dans l'objectif d'adresser à long terme le CO₂ net, il y a beaucoup de candidats, en termes d'énergie technologique, qui sont sur les listes. Je pense qu'il va falloir, à terme, faire des choix. Pour faire ces choix, il faut aller plus loin que le CO₂ et regarder d'autres critères. Pour moi, les autres critères à prendre en compte sont la qualité de notre vie dans les villes et, donc, les émissions polluantes et le bruit. Effectivement, la mobilité électrique est exemplaire dans ce domaine, puisqu'elle n'émet aucun gaz polluant. Elle a aussi l'avantage de n'émettre pratiquement pas de particules d'abrasion des freins, puisqu'elle freine en électrique. Enfin, vous savez tous qu'elle ne fait pas de bruit. Clairement, c'est vraiment une solution pour demain.

Les transports routiers de demain seront électriques, connectés, branchés et apporteront des solutions à nos défis futurs que sont l'énergie, la santé et même l'eau, puisque la pile à combustible est un générateur d'électricité et d'eau. Voyez, on doit faire face à beaucoup de défis et il faut regarder au-delà du CO₂ si on veut faire les bons choix à long terme. Le futur sera « smart » au niveau du véhicule, au niveau du réseau et au niveau de la ville.

Mme Claire Weil, membre de la mission scientifique environnement de l'INRA. Je voudrais revenir sur l'initiative 4 pour 1 000 relative au stockage du carbone dans les sols. Non pas pour revenir spécifiquement sur cette initiative et sur l'agriculture, mais plus largement pour vous présenter un exemple original d'une interface entre la science et l'action.

Cette initiative est issue du plan d'actions Lima-Paris et a été lancée lors de la COP21. Elle y a regroupé les intérêts de plus de cent trente États-membres. Cette initiative est à la fois un plan d'actions et un programme de recherche.

Il a été dit à plusieurs reprises qu'il était important de considérer et de mettre l'homme, l'individu, le citoyen au centre lorsque l'on parle de technologie. Le sujet qui était devant nous consiste à concilier à la fois d'énormes défis en matière d'actions – comme cela a déjà été dit par Philippe Mauguin – mais également des défis scientifiques considérables, qu'il s'agisse des potentiels de séquestration, d'apport supplémentaire de matières organiques dans le sol pour ce faire, ou qu'il s'agisse de définir et de préciser les bonnes pratiques, les conditions pour s'orienter vers des nouvelles pratiques ou pour pérenniser des pratiques d'ores et déjà vertueuses.

Nous avons, ici également, des défis en termes de production de connaissances et d'outils pour suivre l'action, renforcer les contributions nationales qui existent déjà mais aussi les contributions de l'ensemble des acteurs et suivre les impacts. Je ne dresse ici qu'une liste non exhaustive.

Comment a-t-on procédé en termes de gouvernance, dans ce cas d'espèce, pour relier l'action et la recherche ?

Pendant un an, les scientifiques, de leur côté, ont travaillé à préciser des éléments, notamment les potentiels qui ont été cités tout à l'heure, mais bien d'autres éléments également. Les scientifiques, comme les acteurs, ont travaillé de concert pour produire un texte de gouvernance globale de l'initiative. Cela a été un moment de consultation important, qui a trouvé son aboutissement à la COP22 puisque les instances de l'initiative y ont été installées et je les citerai ici rapidement.

Nous avons une instance, que nous avons appelée le consortium, qui est une instance décisionnelle. Cette instance comprend l'ensemble des acteurs, y compris les scientifiques à l'exception des organisations à but lucratif. On y trouve donc les scientifiques, les États, les agriculteurs, les acteurs du secteur de la terre, les organisations non gouvernementales. Ce consortium va statuer évidemment sur la feuille de route, sur le budget. Il va exercer des demandes aux chercheurs également, qui vont les prendre en considération.

Il y a également l'instance forum, qui est une instance de consultation et de renforcement des coopérations.

Enfin, à l'interface entre la science et l'action – et je reviendrai un peu plus loin si j'ai le temps sur l'aspect scientifique – il y a un comité scientifique et technique qui est là pour recevoir effectivement les demandes venant des acteurs, pour les entendre et en particulier pour examiner des projets. Non pas pour donner définitivement un avis sur ces projets, qui sont des projets en devenir et qui s'appuient notamment sur la connaissance scientifique, mais pour leur donner une forme de robustesse.

Enfin, l'initiative comprend également une plateforme collaborative, un centre de ressources dans lequel les scientifiques vont pouvoir également présenter leurs résultats. Le comité scientifique et technique est bien évidemment le garant de la publication des résultats de ce centre.

Ces instances ont été installées à Marrakech. Ibrahim Mayaki, ancien premier ministre du Niger et actuellement secrétaire exécutif du nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique, a été nommé par consensus président du consortium. Le ministre Stéphane Le Foll est actuellement le vice-président de l'initiative.

M. Yves Bamberger, membre de l'Académie des technologies. Je voudrais d'abord revenir sur quelques propos de Frank-Walter Steinmeier, qui va être le président de la République fédérale d'Allemagne. Récemment, au forum Falling Walls à Berlin, il a dit : « *La vérité est trop souvent absente du débat politique en Europe* », ce qu'il a pu observer depuis lors de débats particulièrement agressifs où les faits étaient déformés.

Le débat sur la réglementation thermique du bâtiment, qu'il s'agisse du neuf ou de la rénovation, est malheureusement typiquement une illustration des propos de M. Steinmeier, et je vais expliquer en quoi.

Comment peut-on affirmer que l'on cherche à baisser, au mieux, les émissions de CO₂ par la RT 2012, alors que plus de trois-quarts des logements neufs sont chauffés au gaz et non à l'électricité ? Alors qu'à isolation égale, un logement neuf chauffé à l'électricité avec des pompes à chaleur ou des radiateurs rayonnants produit moins de CO₂ tout en assurant le confort des habitants. Il n'oblige pas à importer du gaz. Un chauffe-eau électrique, un cumulus, un chauffe-eau solaire ou thermodynamique produisent moins de CO₂ qu'un chauffe-eau au gaz.

Pourquoi ne valorisons-nous pas les atouts de la France que sont l'hydraulique et le nucléaire et, de plus en plus, les renouvelables ? La réponse à cette question est simple. Nombre de ceux qui sont ici, y compris nos élus, connaissent la réponse. La réglementation 2012 et celle que nous préparons un certain nombre d'acteurs pour 2018, sont basées sur l'énergie primaire et non sur l'évaluation des émissions de gaz carbonique. Or, l'énergie primaire et les émissions de CO₂ ne varient pas nécessairement dans le même sens. On peut faire baisser l'énergie primaire tout en augmentant les émissions de CO₂. D'où l'absurdité de cette réglementation, sur laquelle l'Académie comme l'OPECST se sont d'ailleurs déjà exprimés.

La réglementation en préparation pour le neuf introduirait une modulation pour le CO₂ mais, là encore, le diable est dans le détail. On voit dans les textes en projet que l'on pourra compenser les émissions de CO₂ du fioul ou du gaz par du photovoltaïque. Est-ce cela, réduire les émissions de la France ?

La réglementation pour la rénovation est du même ordre. L'Etat subventionne les actions augmentant les émissions de CO₂. Un exemple : lorsque vous rénovez un système de chauffage, les aides, les subventions et le tiers-financement décidé récemment supposent de satisfaire à une exigence en énergie primaire et poussent donc à remplacer un chauffage électrique par un chauffage au gaz avec ses investissements coûteux et, à la clé, pour des dizaines d'années, des émissions de CO₂ supplémentaires pour notre balance commerciale.

Un dernier mot. Ces diverses réglementations sont mises en œuvre par ce que l'on appelle des moteurs de calcul issus de l'administration. Une partie de ces moteurs seulement et une partie des hypothèses et des paramètres seulement sont

publics. Autrement dit, il n'est pas possible à un bureau d'étude ou à un laboratoire de recherche de réécrire effectivement ces moteurs.

En ce lieu de l'évaluation des choix scientifiques et techniques, pouvons-nous considérer cette situation comme acceptable pour notre pays, pour notre démocratie, pour notre avenir ?

DÉBAT

M. Jean-Yves Le Déaut, député, président de l'OPECST. Je crois que vous avez posé un certain nombre de questions. Entraînent-elles des réactions ?

M. Philippe Pelletier. J'ai juste une réaction. Je suis avocat et n'ai donc aucune compétence technique pour évoquer les trois points que vous venez d'évoquer.

La réglementation thermique 2012 conduirait à ce que les solutions de chauffage mises en œuvre soient pour trois-quarts des solutions gaz. Ce n'est plus ce que nous disent tous les promoteurs aujourd'hui. Cela a été vrai dans les deux premières années suivant la réglementation thermique. Ont été pris en compte dans les moteurs de calcul des solutions électriques innovantes. Ce qui conduit le plus grand promoteur français à vous dire que les immeubles collectifs résidentiels qu'il construit le sont pour plus de la moitié aujourd'hui avec des solutions électriques.

Le choix a été fait par le pouvoir politique de ne pas modifier la réglementation thermique 2012, pensant qu'il valait mieux que l'apprentissage collectif se fasse autour de cette règle plutôt que de la modifier en cours de chemin. J'ai approuvé cette solution.

Sur la future réglementation environnementale, vous avez décrit le danger de l'évaluation du poids carbone du bâtiment et des sources d'énergie qu'il va utiliser. Retenez, s'il vous plaît, comme je l'ai expliqué tout à l'heure, qu'il n'y a pas de réglementation établie aujourd'hui. Il y a un projet d'expérimentation qui est lancé, qui est conduit sur la base d'un référentiel qui constitue une base de départ, qui a été préparé par le CSTB. C'est au vu de cette expérimentation et du retour que l'on aura que l'on verra s'il faut ajuster la réglementation.

Enfin, vous avez dit que les actions de rénovation qui étaient entreprises supposaient le recours au gaz pour permettre l'éligibilité aux aides publiques et notamment au système du tiers-financement dont on peut convenir qu'il est encore dans les limbes – il n'y a pas d'opérations de tiers-financement réalisées en France aujourd'hui. Je ne partage pas cette analyse. Ce n'est pas ce que nous observons dans la mise en œuvre des bouquets de travaux qui sont réalisés.

Je pense que l'on peut essayer collectivement de ne pas opposer une filière énergétique par rapport à une autre filière énergétique – il me semble que c'est un débat qui est aujourd'hui assez largement derrière nous – et essayer de trouver les meilleures solutions pour emmener la société française dans cette grande mutation que va constituer la rénovation des bâtiments.

M. Jean-Yves Le Déaut. On ne va pas refaire le débat, on l'a déjà eu et j'ai eu l'occasion de rencontrer Philippe Pelletier. Il y a quand même eu des progrès faits après la loi de transition énergétique. Je suis très heureux que, dans les propositions de Philippe Pelletier, il y ait la mesure des tests de performance. C'est ce qui manquait. En tout cas, c'est ce que nous avons dit quand nous avons visité – avec plusieurs autres parlementaires – le centre de recherche de Saint-Gobain.

En revanche, il est évident que les réglementations thermiques, et celle de 2012 par rapport à celle de 2004, se sont faites sur des oppositions de filières. Je partage l'avis selon lequel il ne fallait pas les changer. Si on en avait changé tout de suite, à mon avis, on serait arrivé à une grande confusion.

Il n'empêche que des questions ont été posées. Notamment la question du contrôle du CSTB. Et c'est ce qui est fait dans la loi. Le rapport de l'OPECST a permis, grâce au soutien de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire, que les autorités administratives indépendantes, et pas seulement le CSTB, ne soient plus des électrons libres. Comme on leur transfère une partie du pouvoir de l'État, il faut que le Parlement puisse continuer à les contrôler.

Aujourd'hui, l'autorité de sûreté nucléaire, l'agence de biomédecine, le CSTB, un certain nombre d'autres organismes sont régulièrement auditionnés par l'OPECST, dans cette même salle, et c'est bien.

Je crois que vos interpellations, M. Bamberger, étaient légitimes. Mais je pense qu'il y a eu du progrès, notamment dans les propositions que M. Pelletier a faites tout à l'heure. Il y a des choses qui vont dans le bon sens.

M. Yves Bamberger. Je ne suis pas dans une logique d'opposer des énergies. Je me pose la question de l'intérêt de la France et de ses objectifs en termes de CO₂. C'est tout.

Si on réfléchit à cela, logiquement en 2050, on ne devrait plus avoir de fioul dans le bâtiment et le gaz et le pétrole devront être utilisés pour la chimie. Cela veut donc dire qu'il faut électrifier chaque fois que l'on peut prendre des solutions électriques. C'est tout.

La question n'est donc pas de les opposer. La question, c'est que notre réglementation thermique telle qu'elle existe, malgré les quelques progrès enregistrés, n'optimise pas la baisse des émissions de CO₂.

M. Gilles Vermot Desroches, directeur Développement durable de Schneider Electric France et du Gimélec (Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés). Je ne vais pas m'interposer entre MM. Pelletier et Bamberger. Je voudrais seulement développer trois points.

Je ne pense pas que l'on peut se réjouir et arrêter la réflexion, simplement parce que la moitié des bâtiments ont aujourd'hui une solution électrique. On est dans une logique où, au regard de l'enjeu carbone, il faudrait que tous les bâtiments disposent d'une solution électrique. De fait, il vaut mieux qu'il y en ait 50 % que seulement 5 % mais, la moitié, ce n'est pas suffisant dans le thème de la réflexion.

Le deuxième point, c'est que l'on peut probablement trouver un juste milieu en s'étonnant qu'au moment où l'on fixe un rapport entre énergie primaire et énergie finale de 2,58, la France projette une évolution de son mix énergétique avec une intégration des énergies renouvelables bien plus importante dans les années 2020, 2030, 2040. Il aurait fallu, au moins, faire en sorte que le coefficient utilisé projette vers l'avenir et ne renvoie pas vers le passé. Parce que quand on construit sa maison ou son bâtiment, on les construit pour le moment où il y aura ce nouveau mix, tel que le pays le définit. À ce moment-là, un coefficient beaucoup plus petit aurait été plus en accord avec l'ambition de réduire les émissions de carbone et, partant, avec l'objectif de développer la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique, c'est-à-dire d'améliorer et d'accroître l'utilisation de l'électricité.

Mme Audrey Laurent, étudiante. Merci pour vos interventions, qui étaient vraiment très enrichissantes. Je voudrais vous poser une question sur le financement de la transition énergétique et sur les incitations étatiques.

L'Allemagne a, pour financer sa transition énergétique, fait le choix de mettre en place un système d'imposition sur l'électricité. Les ménages ont ainsi vu leur facture doubler en quinze ans. Le kWh est actuellement deux fois plus cher en Allemagne qu'en France. Ce qui est compréhensible, c'est que dans le même temps l'Allemagne a choisi de protéger la compétitivité de ses entreprises et a mis en place un mécanisme d'exonération qui, entre 2004 et 2014, s'élevait à 5 milliards d'euros. Cependant, le budget allemand a aussi prévu des aides à l'assainissement des bâtiments, surtout pour le chauffage, et des subventions pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

En France, ce sont, en 2016, 3 milliards d'euros sur les 3,8 milliards d'euros des recettes de la taxe carbone qui financent le CICE.

Avec ces données, se pose la question de savoir quelles mesures fiscales, financières et autres peuvent être envisagées à court terme pour inciter les grandes entreprises à s'engager dans la transition énergétique via l'innovation et, aussi, à

s'engager dans une recherche de progrès techniques allant dans le sens de cette transition énergétique.

Mme Maryam Saad, étudiante. J'ai plusieurs remarques et quelques questions.

Aujourd'hui, il existe deux volets concernant la transition énergétique. On peut, d'une part, réduire sa consommation d'énergie et, d'autre part, avoir une production d'énergie à faible émission de CO₂. Dans le deuxième cas, en parlant avec des chercheurs, les solutions les plus prometteuses semblent être l'éolien et le solaire.

En revanche, pour réduire la consommation d'énergie, j'ai deux exemples à vous citer. La ville de Toulouse a mis en place un lampadaire intelligent dans l'un de ses quartiers. C'est un système d'éclairage public LED qui modifie l'intensité des lampadaires selon que l'on est un piéton, un cycliste ou une voiture. Cela a permis de faire 70 % d'économie d'énergie, sans pour autant augmenter les impôts. Économie et écologie sont donc conciliables puisque c'est une opération de développement durable qui s'autofinance. Au Royaume-Uni, des puces ont été installées dans des réfrigérateurs afin de stopper l'alimentation en électricité pendant quelques secondes sans que la température ne baisse pour autant. Cela a aussi permis de réduire la consommation d'électricité de manière notable.

Mais en fait, il est difficile de concilier l'offre et la demande et de pallier le problème de l'intermittence des énergies renouvelables. Le problème majeur de la transition énergétique reste le stockage de l'énergie issue des technologies vertes. Mais, aujourd'hui, des solutions existent et peuvent être mises en place.

C'est notamment le cas de VOSS, qui permet de stocker l'énergie solaire par un volant d'inertie en béton. Cela permettrait d'arriver à un coût de 1 à 2 centimes le kWh contre environ 10 centimes avec les batteries. En plus, l'entretien ne coûte rien et la durée de vie est presque infinie.

Mais, il y a plusieurs freins, en fait, tels que l'absence d'information, la force des habitudes et la difficulté de produire certaines technologies qui mériteraient d'être mises en place.

M. Camille Larmanou, étudiant. Ma collègue et moi étions chargés de voir ce que l'on pouvait trouver comme nouvelles technologies pour la transition énergétique. On s'est vite aperçu qu'il n'y avait pas de technologies miracle pour avoir accès à une source d'énergie décarbonée, sûre et économiquement abordable. En fait, on les a déjà. En s'adressant à des experts, on a compris qu'une innovation technologique seule n'était pas la clé. Ce n'est donc pas l'introduction d'une innovation technologique salvatrice mais bien une innovation de nos comportements et pratiques qui est nécessaire à l'accomplissement de la transition énergétique.

Ce changement s'opère grâce à plusieurs acteurs interdépendants qui se renforcent mutuellement : les institutions, les investisseurs et la société civile. Ce changement ne pourra s'opérer que si la transition énergétique devient un thème central pour notre société tout entière.

J'ai quelques questions rapides concernant les institutions et leurs politiques. Par quelles incitations, notamment législatives, peut-on impulser des changements dans les comportements à la fois des consommateurs et des producteurs d'énergie ?

Comment rendre la question de la transition énergétique partie intégrante de tout programme politique ? Si bien que ne pas traiter cette problématique entraînerait un handicap électoral systématique face à une société civile constituée de citoyens mieux informés, plus impliqués et sensibilisés aux enjeux climatiques et sociétaux.

Que faire en matière de formation, où l'on observe une meilleure coopération en Allemagne qu'en France ?

Comment peut-on renforcer les comportements d'investissement dans les énergies vertes, au lieu de seulement pénaliser les émissions de carbone ?

Une intervenante. La fiscalité doit venir en compensation *a minima* de la baisse du prix du pétrole. Il faut envoyer un signal prix avec une augmentation des taxes sur l'énergie et les émissions de CO₂.

Le débat relatif à une taxe carbone sur les centrales à charbon a malheureusement été abandonné dernièrement. Il faut également songer aux exonérations fiscales en faveur des secteurs très émetteurs de gaz à effet de serre comme le transport aérien ou le transport routier.

Quand on se place à un horizon de vingt ou trente ans, ces niches fiscales n'ont plus de raison d'être. Il s'agit donc aujourd'hui de se mettre autour de la table et d'organiser la transition fiscale qui va avec la transition écologique pour trouver d'autres moyens de soutenir ces secteurs dans le contexte d'une transition énergétique.

M. Yves Bamberger. Par rapport à la solution miracle dont vous parlez, sans que ce soit vraiment un miracle, il y a un point où je rejoins vraiment Philippe Pelletier : installer des panneaux photovoltaïques au moment où l'on fait des opérations de rénovation fait partie de ce qui peut permettre de contribuer à la résolution du problème de façon significative.

M. Daniel Clément. Une réponse pour nos auditeurs étudiants. Je pense qu'ils sont bien documentés. Ils ont apporté eux-mêmes une partie des réponses aux questions qu'ils se posaient.

En Allemagne, effectivement, il y a un transfert du coût du kWh des entreprises vers les particuliers. Il y a également des efforts de maîtrise de la demande d'électricité, qui font que la consommation unitaire par foyer d'électricité est moindre qu'en France. On ne perçoit absolument pas cette différence de coût sur une facture d'électricité pour un foyer allemand et pour un foyer français. Cet impact est sensiblement lissé à travers ces effets qui sont des effets d'investissements et une meilleure utilisation des ressources énergétiques.

M. Jean-Yves Le Déaut. Sur la comparaison entre la situation française et allemande, il y a une audition de l'Office et un rapport qui est disponible en ligne sur ce sujet, qui pose la question du moment où la fermeture du nucléaire a été décidée et qui montre que le plan qui avait été fixé par l'Allemagne, qui prétendait qu'il n'y aurait pas d'augmentation du charbon et que l'on arriverait très vite à l'équilibre, n'a pas été réalisé.

On a une situation, en Allemagne, qui est préoccupante au regard des rejets de gaz à effet de serre. La décision récente d'une marque allemande de voitures de passer assez rapidement vers le tout électrique va modifier en partie la situation.

Sur la question qu'a posée un étudiant pour savoir si la technologie résoudra tout, la réponse est : « *Sûrement pas* ». Il y a même une déviance qui est de considérer que la technologie va résoudre des problèmes et que l'on peut consommer comme on veut. Ce ne sera sûrement pas le cas. L'éducation du citoyen et les actes citoyens sont donc nécessaires. Je ne pense pas que ce soit par la loi – sauf si mon voisin disait l'inverse – que l'on réglera le comportement de nos concitoyens. C'est par la persuasion.

Un intervenant. Je voudrais aborder un autre point, relatif aux effets incitatifs par rapport aux entreprises. J'avais presque envie de renvoyer la balle vers une des personnes dans la salle : M. Vermot Desroches. Il connaît les dispositifs incitatifs. Ce serait peut-être un témoin plus objectif que je ne pourrais l'être.

Mme Anne-Yvonne Le Dain, députée, vice-présidente de l'OPECST. Je voudrais souligner que le groupe La Poste dispose de la deuxième flotte au monde en matière de véhicules électriques. Cela va du vélo à la voiture, en passant par la camionnette. C'est suffisamment rare pour être noté et c'est quand même un joli effort d'un groupe français sous responsabilité publique.

M. Jean-Michel Juchet, directeur de la communication et des affaires publiques chez BMW Group. S'agissant des gains de CO₂ : sur l'efficacité et le mix des motorisations, de 1995 à nos jours, on a gagné 38 %. Un chiffre qui est intéressant aussi, c'est que dans le mix des ventes, les électriques et les hybrides rechargeables représentent 5 % des ventes en France. Il y a quatre ans, c'était à peu près 0 %.

Au-delà de cet aspect précis, on travaille sur tous les éléments de la chaîne de création de valeur. La production décarbonée est un gros sujet. À ce jour, dans les trente usines que nous avons dans le monde, nous sommes déjà à 60 % d'énergies renouvelables. L'exemple le plus percutant, c'est l'usine de Leipzig qui fabrique les BMW i3 électriques et qui couvre tous ses besoins d'énergie par son parc d'éoliennes, à plus de 100 %.

Dans le processus de production, on utilise des matériaux recyclés. On utilise 50 % d'électricité en moins par rapport à la production conventionnelle et 70 % d'eau en moins. C'est-à-dire que l'on montre une voie qui intègre absolument toutes les étapes de la création de valeur dans cette approche durable.

M. Sébastien Grellier, directeur Communication presse, relations extérieures et environnement chez Toyota. Pour compléter l'intervention de Joseph Beretta, je dirai que, selon le groupe Toyota, pour répondre aux défis environnementaux à l'avenir, il y aura une nécessité de coexistence de différents types de motorisation, électrique, plus ou moins électrifié, en passant par l'hybride et la pile à combustible hydrogène qui ouvre aussi des perspectives d'innovation sur l'ensemble de la chaîne de valeur et de la production également puisqu'au sein du groupe Toyota, on a prévu, pour les années 2050, un *challenge* et des objectifs de réduction de 90 % des émissions moyennes de CO₂ de nos véhicules. Ce qui voudrait dire qu'à cet horizon 2050, on ne vendrait plus uniquement des véhicules thermiques et conventionnels mais *a minima* hybrides, hybrides rechargeables ou électriques ou hydrogènes. L'hydrogène serait également utilisé pour la fourniture de l'énergie des usines, afin que la production des véhicules soit neutre sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

**TROISIÈME TABLE RONDE :
L'IMPLICATION ET L'INTERACTION DES ACTEURS DE LA LUTTE
CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE EN FAVEUR
DE SOLUTIONS RÉALISABLES TECHNOLOGIQUEMENT
ET SOCIALEMENT ACCEPTABLES**

**Présidence de M. Jean-Paul Chanteguet, député, président
de la commission du développement durable et de l'aménagement
du territoire de l'Assemblée nationale**

M. Jean-Paul Chanteguet, député, président de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale. La question au centre de nos débats est ambitieuse : comment l'implication et l'interaction de tous les acteurs de la politique de lutte contre le réchauffement climatique permettront-elles d'aboutir à des solutions réalisables technologiquement et socialement acceptables et acceptées ?

Cette question regroupe en effet de multiples interrogations qui ont toutes un impact sur la lutte contre le changement climatique mais aussi sur l'organisation de notre société. De quelle manière les citoyens, les entreprises, les ONG, les pouvoirs publics s'impliquent-ils dans les actions envisagées ? Quelle est leur force d'initiative ? Sont-ils entendus ? La seule réponse technologique suffira-t-elle face à l'ampleur de nos consommations et à leur courbe d'évolution ?

Ces acteurs ont-ils conscience qu'ils devront changer leurs comportements et leurs habitudes de pensée ? La coordination de leurs projets et de leurs actions est-elle satisfaisante ? Y a-t-il des lieux concourant à l'émergence d'initiatives communes ou complémentaires d'acteurs très différents dans leur mode d'expression, de réflexion et d'intervention ? Comment peut-on favoriser un dialogue entre les acteurs de cette politique ?

De manière plus précise, comment pourrait-on faciliter l'acceptabilité sociale des innovations de rupture ? De quelle manière les entreprises impliquées dans une réflexion sur leur responsabilité sociale participent-elles au montage de partenariats public/privé ?

Pour essayer de répondre à ces questions ouvertes mais, de fait, complexes, nous allons entendre des témoignages de trois groupes de personnes : des responsables politiques ou administratifs qui ont exercé ou exercent leur activité au niveau national ou territorial ; des chercheurs et des représentants de grands organismes de recherche ; des dirigeants d'entreprises ou de groupes de réflexion sur l'innovation.

Nous allons aussi réagir aux témoignages et aux questions de jeunes étudiants. Nous les avons déjà entendus tout à l'heure. Ils sont en master à l'université de Paris IV et ont étudié la politique de l'Allemagne dans ses différents domaines.

La méthode retenue est la même que pour les autres tables rondes. Les intervenants pressentis s'exprimeront pendant trois à quatre minutes maximum, puis s'ouvrira un débat où chacun d'entre vous pourra prendre la parole par séquence d'une minute trente.

Je voudrais pour ma part terminer cette brève introduction en soulignant que l'apport de la société civile est fondamental pour réussir la transition énergétique et pour permettre la réalisation des objectifs ambitieux ayant fait l'objet d'un consensus à Paris l'an dernier.

Je reviens de la COP22 qui vient de se terminer à Marrakech et qui a permis de poursuivre les réflexions entre les signataires de l'accord de Paris. J'ai été particulièrement frappé par la nécessité de faire évoluer la gouvernance climatique. D'une part, il est nécessaire de la désenclaver, l'approche aujourd'hui est bien trop sectorielle, la transversalité entre les secteurs et les accords internationaux étant très insuffisante. D'autre part, il faut une « re-territorialisation ». On voit les limites des démarches descendantes et édictées d'en haut, qui ne sont ni appropriées, ni en prise avec le réel et donc peu opérantes.

À l'inverse, accompagner les acteurs dans l'élaboration de leurs propres engagements les responsabilise et les implique dans une tout autre mesure. Ces démarches nouvelles méritent une coordination et une gouvernance tout aussi nouvelle que l'ONU tâche d'adapter. Cet enjeu représente une innovation sociale majeure.

Par ailleurs, pour atteindre les ambitions de l'accord de Paris, il conviendra de transformer nos modèles de consommation et d'optimiser l'innovation. Dans ce sens, trois leviers m'apparaissent nécessaires : réduire, bien sûr, nos consommations, développer des technologies peu émettrices de gaz à effet de serre et enfin accroître les puits de carbone – ces services rendus naturellement par un écosystème en bonne santé. Il convient donc de favoriser la reconquête de la biodiversité des forêts, de s'inspirer du bio-mimétisme et d'encourager l'agro-écologie.

En conclusion, il existe indéniablement une intelligence des territoires, des entreprises et acteurs non étatiques dans l'innovation, très significative pour la réponse au dérèglement climatique. Ces initiatives s'accompagnent d'un élan de coopération internationale, mais celui-ci reste fragile. Si l'on songe aux conséquences potentielles de l'élection présidentielle américaine, il nous appartient donc de le renforcer. C'est l'objet de notre débat d'aujourd'hui.

Je passe maintenant la parole au premier intervenant inscrit : M. René Longet, ancien parlementaire suisse, ancien maire d'une commune de l'agglomération de Genève, qui va nous faire part de ses réflexions sur la manière d'associer la population aux décisions qui sont envisagées par les pouvoirs publics.

M. René Longet, expert en développement durable, Association Cité de l'énergie (Suisse). J'aimerais me référer aux propos de M. Radanne lors de la première table ronde sur les conditions d'une mobilisation et d'une implication plus larges de l'opinion publique.

M. Chanteguet vient de rappeler les conditions et les prérequis territoriaux institutionnels. J'aimerais, quant à moi, rappeler les prérequis en termes d'orientation sociétale.

Nous vivons dans un paradoxe. Nous savons ce qu'il faut faire grâce à l'accord de Paris et à ce qui vient de se concrétiser à Marrakech, grâce aussi aux dix-sept objectifs de développement durable qui ont été adoptés, voici un peu plus d'une année, à l'assemblée générale des Nations Unies, qui décrivent très précisément ce qu'il faut faire et qui constituent un cadrage hautement nécessaire et bienvenu à la mondialisation.

Mais nous sommes loin, nous le savons tous – si j'additionne tout ce qui a été dit aujourd'hui – nous sommes loin d'avoir atteint le rythme de croisière qu'il faudrait pour être à la hauteur des défis.

La divergence qui subsiste entre les paroles et les actes est un paradoxe qui est de nature à démobiliser et qui décrédibilise la parole politique et la parole des responsables. La seule chose qui fera bouger l'opinion, ce sont les actes et non les discours.

J'aimerais ici rappeler, en préambule à cette table ronde, le sentiment d'urgence qui doit nous habiter si nous voulons véritablement prendre les choses en main. J'aimerais rappeler ce sentiment d'urgence par une citation de Gandhi qui va vous paraître hors sujet mais vous allez voir qu'elle ne l'est pas. Gandhi disait que la civilisation est en péril quand la haine l'emporte sur la compassion. C'est une manière de parler des élections américaines d'ailleurs.

Le lien avec le climat apparaît immédiatement parce que toute perturbation des conditions de base sur la planète met le « vivre ensemble » et les valeurs du « vivre ensemble » en péril. Elle met, de même, le respect de chaque être humain en péril.

Ce n'est pas l'être humain qui est en danger, ce sont les valeurs du « vivre ensemble » qui sont en péril et il se peut que deux-cent cinquante ans après avoir été formulés, les droits humains se révéleront n'avoir été qu'une courte parenthèse dans la vie de l'humanité. Aussi courte qu'une société industrielle que nous n'aurions pas réussi à réorienter malgré tout ce que nous demande avec force le

développement durable : réorienter vers les vrais besoins de l'humanité et les capacités de charge du système naturel.

La condition d'une mobilisation de la population est bel et bien la prise en compte de ses véritables besoins. Laisser au bord du chemin de plus en plus de personnes, de catégories, de territoires, désespère. Et la résilience climatique ne mobilisera la population que si elle apporte une résilience des territoires, une relocalisation solidaire, que si parer aux dangers de demain permet de résoudre les dangers d'aujourd'hui, que si les fins de mois des individus, des entreprises et de la planète peuvent être conjuguées ensemble.

J'aimerais rappeler que le développement durable a été défini il y a trente ans déjà, en 1986, par le rapport Brundtland qui constatait de manière prémonitoire qu'il n'y avait pas une crise de l'environnement, une autre du développement, une autre de l'énergie. Non, il n'y a qu'une crise. Dès lors, l'avenir appartient aux décideurs politiques et économiques qui sauront traduire à l'égard de la population et à l'égard de tous leurs partenaires le fait que l'issue à la crise ne peut être qu'une issue commune à la crise environnementale, sociale et économique.

Deux exemples me paraissent prémonitoires de ce qui peut nous nourrir en termes d'espoir : l'appel des 360 entreprises, dont des multinationales américaines, au président élu, à ne pas revenir en arrière sur les engagements pris par les États-Unis lors de l'accord de Paris et la déclaration de quarante États du sud qui visent le 100 % renouvelable. Je pense que ce sont deux signaux fortement porteurs d'espoir qui sont exemplaires de l'exigence du monde de demain.

Mme Stéphanie Thiébault, directrice de l'Institut écologie et environnement du CNRS. Représentant également M. Alain Fuchs, président du CNRS, je vais commencer par une citation de Rostand disant qu'avant de rêver, il faut savoir. La mission du CNRS, qui est un organisme pluridisciplinaire, est de produire de la science, de produire de la connaissance et de la mettre au service de la société. L'objet de cette table ronde rentre donc directement dans les objectifs de notre organisme.

Lanceurs d'alertes hier – je pense plus particulièrement au climat avec Jean Jouzel et Claude Lorius –, porteurs de solutions aujourd'hui, les scientifiques contribuent à plusieurs niveaux au combat contre le réchauffement climatique. Aujourd'hui, ce sont plus de 4 000 chercheurs qui mènent des travaux pour mieux comprendre le fonctionnement du système Terre et les impacts des changements sur nos sociétés, nos économies et nos modèles sociaux en élaborant des modèles et des simulations climatiques, en confrontant des scénarios et en étudiant les climats du passé. Les chercheurs permettent la compréhension des phénomènes. Les changements climatiques et les risques qui leur sont associés sont observés, mesurés, modélisés dans les milieux urbains et littoraux, dans les océans, les forêts, les montagnes mais aussi dans les zones arides, glaciaires ou tropicales.

De multiples programmes de recherche portent sur la dynamique des systèmes biophysiques – atmosphère, océan, cryosphère – ou continentale – écosystèmes, sols et sous-sols – mais aussi sur les matériaux nouveaux, sur les technologies énergétiques innovantes, comme sur les interactions au sein des territoires et des sociétés.

Le défi consiste à transformer le savoir en solutions technologiquement et socialement acceptables. Autrement dit, il s'agit de proposer des solutions durables, sur le long terme, non nuisibles à l'environnement, auxquelles les populations sont associées et auxquelles elles adhèrent.

Depuis plusieurs années, le CNRS, tout comme la plupart des organismes de recherche et les alliances qui les regroupent comme AllEnvi, Ancre ou Athena, œuvrent à proposer des solutions et elles sont nombreuses.

Parmi les dispositifs existants, je vais rapidement citer les zones ateliers ou les observatoires homme-milieu qui sont de bons exemples de ce qui se fait déjà depuis une vingtaine d'années concernant tous les écosystèmes allant de l'observation, de l'analyse, de l'expérimentation et des pratiques humaines sur ces milieux mais aussi la prise en compte des services écosystémiques s'agissant des fonctionnalités écologiques. Ils sont aussi – et c'est très important – en prise directe avec les acteurs des territoires considérés et avec les questionnements émanant du monde des gestionnaires, des personnalités politiques comme des associations.

Donc, compréhension et ouverture, interdisciplinarité, approche mêlant sciences de la nature, sciences de la vie, sciences humaines mais aussi sciences de l'ingénieur.

Le CNRS valorise maintenant les projets innovants autour de l'ingénierie écologique, la gestion de l'énergie, le recyclage et l'économie circulaire. Il tend vers une co-construction directe de l'innovation par les forces de recherche académique et industrielle et, ce, depuis trois décennies, avec de grands partenaires industriels. Je pense que Didier Roux pourra en témoigner tout à l'heure.

Le photovoltaïque, considéré aujourd'hui comme l'une des sources principales de transition énergétique, a bénéficié d'un soutien continu depuis 20 ans. Le stockage et le transport de l'énergie constituent une des frontières de la science pour garantir un réel tournant en faveur des énergies renouvelables. Ils sont aussi au cœur des préoccupations scientifiques.

L'un des derniers grands problèmes reste celui de la prise de risque dans la recherche qui n'est pas assez bien soutenu et qui, lui justement, peut et doit déboucher sur des innovations de grande importance pour notre avenir et celui de la planète.

En conclusion, le CNRS inscrit aujourd'hui clairement sa recherche dans les objectifs du développement durable bien définis à l'issue des accords de Paris.

Mme Célia Blauel, adjointe à la mairie de Paris, chargée de l'environnement, du développement durable, de l'eau, de la politique des canaux et du plan climat/énergie territorial. Je suis très contente d'être parmi vous pour témoigner de l'expérience de Paris en matière de lutte contre le dérèglement climatique.

Évidemment Paris, comme beaucoup d'autres villes à travers le monde, est fortement engagé sur ces questions depuis une dizaine d'années maintenant, à travers un plan climat/énergie territorial qui est vraiment un plan de la transition écologique de notre territoire. Il n'est pas question de n'aborder le climat qu'à travers le prisme de la question environnementale, pour reprendre les propos de M. Longet, mais bien de poser une vision pour la ville, une vision de société et de construction différente.

A Paris, cette action repose sur trois piliers : des politiques publiques innovantes – j'ai entendu parler des berges en entrant dans la salle, ces politiques ne sont apparemment pas innovantes pour tout le monde – une mobilisation du territoire et de ses parties prenantes et, enfin, une action forte dans le cadre de la coopération et de la diplomatie des villes.

Vu la question qui m'est posée, je m'attarderai plutôt sur la question du deuxième pilier qui est vraiment, pour nous, de savoir comment mobiliser les parties prenantes. J'entends par là les citoyens dans leur définition large : individus, associations, entreprises, tous ceux qui font la richesse du territoire parisien.

Nous avons, dans ce domaine, une action datant de cinq-six ans, sur laquelle on peut revenir, qui part d'abord d'un constat pragmatique – qui d'ailleurs peut s'appliquer à l'ensemble du territoire français – selon lequel, pour 80 % des émissions de gaz à effet de serre, nous n'avons pas d'actions à travers des décisions du conseil municipal puisqu'elles relèvent de la mobilisation de tout un chacun. Ce qui nous a emmenés dans le développement d'une co-construction nécessaire pour embarquer (je ne peux pas utiliser un autre mot) un maximum d'acteurs avec nous. Cela passe toujours, finalement, par les mêmes étapes : une impulsion politique, la mise en réseau et des processus d'accompagnement pour arriver à l'action. Il s'agit de faire la preuve par l'exemple qu'un autre chemin est possible et d'avoir derrière un effet boule de neige.

On a, aujourd'hui, différents dispositifs de mise en réseau pour avancer sur ces questions. Nous avons, par exemple, une charte qui réunit les trente-cinq plus grandes entreprises parisiennes qui sont engagées aux côtés de Paris dans la lutte contre le dérèglement climatique.

Nous avons aussi fait le choix de lancer des mesures d'envergure à destination de ces acteurs. Je pense au plan de rénovation massive dans les copropriétés qui ont nécessité 60 millions d'investissement public mais aussi la création de l'agence parisienne du climat qui permet de faire se rencontrer la demande des habitants, qui veulent se lancer dans des opérations, et l'offre de la filière économique et des entreprises.

Nous travaillons aussi beaucoup à engager les acteurs à travers un levier important pour les collectivités publiques : le levier de la commande publique. 32 millions de factures d'électricité annuelles ont été passées l'année dernière en électricité d'origine renouvelable. La commande de denrées alimentaires pour nos cantines qui, aujourd'hui, ont pour objectif 50 % d'alimentation bio, porte sur 60 millions d'euros chaque année. Ce sont des leviers qui nous permettent de plus en plus d'engager les acteurs à nos côtés.

Je souhaiterais ajouter que les effets sont extrêmement intéressants, sur le long terme, sur la réduction des gaz à effet de serre, mais aussi sur le court terme, en matière d'amélioration de la qualité de vie des parisiens et de création d'emplois (on estime qu'environ 5 000 emplois ont été créés sur le territoire parisien simplement en liaison avec la rénovation thermique) et de réductions de charges liées à l'énergie.

Évidemment, nous voyons aujourd'hui les limites de cette action puisque plus on avance, plus on se heurte à un certain nombre de questionnements que l'on souhaite partager avec vous. On se rend compte aussi que ces actions dans les collectivités territoriales reposent beaucoup sur la seule volonté politique et que l'on endosse de plus en plus de missions sans forcément avoir les moyens qui en découlent.

L'idée est donc pour nous d'ouvrir différents chantiers. On a déjà cité une fiscalité nationale afin de dégager plus de marge de manœuvre pour financer ces actions et emmener encore plus d'acteurs. Je partage ce qui a été dit sur le CICE qui, pour nous, devrait aller plus sur des sujets de transition énergétique. La fiscalité locale devrait pouvoir évoluer afin que nous puissions avoir des moyens incitatifs pour celles et ceux qui s'engagent.

Je voudrais aborder la question de la décentralisation d'un certain nombre de compétences. J'étais moi aussi à Marrakech la semaine dernière et j'entendais un collègue de Genève dire que le système de confédération et de décentralisation suisse avait été un puissant moteur d'action. Je pense notamment que, sur la question des réseaux d'énergie, il faut sortir d'un système français historiquement très centralisé pour aller vers une meilleure gestion des réseaux à l'échelle locale et permettre la production d'énergies renouvelables.

Je pense aussi au développement de la recherche et de l'innovation. Paris a évidemment les moyens de le faire. Nous avons investi, avec Météo France, dans des recherches sur les effets du dérèglement climatique sur la ville parisienne. Il

est un peu triste de voir que l'on doit se tourner aujourd'hui vers des réseaux internationaux comme le C40, avec lequel nous travaillons très bien, pour avoir plus de moyens pour la recherche, recherche qui serait utile pour l'ensemble des domaines qui sont concernés.

Voilà, très rapidement, les grands chantiers et les réflexions sur lesquels nous travaillons en tant que collectivité territoriale et qui viendront, par ailleurs, nourrir une stratégie bas carbone en 2050 et la mise en œuvre de l'accord de Paris.

M. Jean-Michel Valantin, haut fonctionnaire au développement durable à la direction générale de l'enseignement scolaire du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Merci de cette opportunité de présenter la façon dont le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche s'implique dans la dimension éducative des questions que nous avons évoquées jusqu'à présent.

En fait, le ministère de l'éducation nationale est très profondément impliqué dans la compréhension par les 12,3 millions d'élèves des enjeux liés au changement climatique. Cette compréhension passe par une politique nationale éducative de généralisation de l'éducation au développement durable. Cette généralisation intègre pleinement les problématiques du changement climatique car, comme cela a été évoqué par les précédents intervenants, le changement climatique doit être compris dans ses dimensions non seulement scientifiques mais aussi civiques, sociales, économiques, culturelles et, je dirai, presque mentales.

L'éducation nationale joue donc un rôle particulièrement important dans cette prise de conscience et c'est pour cette raison que nous avons intégré les questions ayant trait au développement durable et au changement climatique dans les programmes d'enseignement nationaux, dans la formation nationale et académique des enseignants et des personnels d'encadrement, dans les projets pédagogiques des écoles, des collèges et des lycées généraux, technologiques et professionnels ainsi que dans la production de ressources et de documentations pédagogiques.

Tout cela, nous ne pouvons pas le faire tout seul. Pour ce faire, nous travaillons avec de nombreux partenaires comme les autres services de l'État mais aussi les collectivités territoriales, les associations, les établissements de recherche, les établissements publics comme l'Ademe, les agences de l'eau et les acteurs du monde économique.

Il s'agit, avec l'éducation au développement durable, de faire le lien entre la formation du futur citoyen et les enjeux scientifiques et civiques liés notamment aux objectifs de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. En d'autres termes, il s'agit de faire le lien entre la science et les enseignements. Ce lien, nous le faisons notamment par les enseignements, par les projets, mais aussi en soutenant de nombreux partenaires comme la Main à la pâte et, donc, l'Académie des sciences, ou l'association Météo Climat présidée par Jean Jouzel.

De plus, nous mobilisons les élèves et la communauté éducative en généralisant la simulation de négociations internationales sur le climat dans les collèges et les lycées, en organisant la semaine, désormais annuelle, du climat à l'école ou, pendant la COP21, en faisant se rencontrer les élèves et les scientifiques dans le « train du climat ».

Enfin, l'année dernière, pendant la COP21, la ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche a souhaité organiser le premier *Thematic day* sur l'éducation qui a eu lieu le 4 décembre 2015 au Bourget de façon à vraiment rentrer les questions éducatives dans le cadre même des négociations internationales. Ce *Thematic day* a d'ailleurs été reconduit à Marrakech durant la COP22 la semaine dernière.

Voici, à grands traits, la description de la façon dont l'éducation nationale s'investit profondément dans ces questions, en travaillant bien sûr aussi avec les organismes internationaux que sont l'Unesco, l'Union européenne et en ayant comme nouveau cadre les objectifs de développement durable des Nations Unies.

Mme Françoise Waintrop, cheffe de mission au Secrétariat général pour la modernisation de l'action publique (SGMAP). Quand je suis arrivée, j'ai été un peu étonnée d'entendre beaucoup parler d'innovation scientifique et technique. C'était passionnant. Pour ma part, j'aborderai une question très humaine : quels sont les gestes quotidiens ? Qu'est-ce que l'on fait par rapport à l'eau ? Qu'est-ce que l'on fait par rapport à l'énergie ? Qu'est-ce que l'on fait par rapport aux transports ? Qu'est-ce qui fait que, même si on est persuadé de l'importance de préserver notre terre et de travailler pour le climat, on n'éteint pas la lumière quand on sort d'un bureau, on prend la voiture plutôt que les transports en commun ? Qu'est-ce qui fait que nos gestes quotidiens sont contradictoires avec ce l'on pense ? Qu'est-ce que l'on peut faire pour diminuer ce fossé entre l'intention et l'action ?

C'est donc bien sur une approche comportementale que l'on essaie de travailler. On travaille sur la manière d'inciter les citoyens à avoir un comportement plus vertueux par rapport au climat.

Je vais juste donner un exemple parce que c'est plus parlant de raconter des histoires. Je suis désolée parce que ce n'est pas un exemple français mais un exemple américain. Sur la facture que reçoivent les Américains d'une entreprise qui s'appelle OPower, leur dépense énergétique est comparée à la dépense énergétique moyenne dans leur collectivité. Du coup, les consommateurs voient s'ils dépensent beaucoup ou pas par rapport à l'ensemble de leurs voisins, ce qui leur donne un positionnement. Dernièrement, un *smiley* a même été rajouté. C'est important, parce qu'une telle information conscientise et donne une concrétisation de la dépense énergétique.

Parallèlement à la COP21, on a organisé l'année dernière un *nudge challenge* auprès des étudiants. On a eu, au niveau national et international, quatre-vingt-douze propositions de gestes pour le climat sur des choses très concrètes : comment, par exemple, dessiner une tasse sur une bouilloire pour éviter de systématiquement faire bouillir trop d'eau ? On a eu des choses extrêmement passionnantes, très concrètes, sur des questions de gaspillage alimentaire et de transport. Le problème c'est que, en France, on n'est pas très outillé pour travailler sur ce type de projet et que ces belles et bonnes propositions des étudiants sont encore un peu lettre morte.

Je pense que l'on est mieux outillé pour des grandes innovations technologiques ou pour se poser la question de la technologie, que pour soutenir ce type de projet.

Si cela vous intéresse et si vous voulez connaître l'ensemble de ces projets absolument magnifiques qui sont venus du Canada, de Corée, des États-Unis et de l'ensemble des établissements universitaires français, je suis à votre disposition.

Je pense que ça peut être extrêmement intéressant de voir concrètement l'approche comportementale ou ce que peut apporter l'approche comportementale par rapport à la défense du climat.

Je fais juste une petite incidente, puisque l'on travaille beaucoup avec les collectivités territoriales. Notamment avec la mairie de Paris maintenant sur la baisse de la facture énergétique. On travaille avec Grenoble sur la gestion des déchets. On travaille avec la sécurité routière sur le téléphone au volant : comment faire en sorte que les jeunes téléphonent moins quand ils sont au volant ? Voilà l'univers de l'approche comportementale.

M. Jean-Guy Devezeaux de Lavergne, directeur de l'Institut de technico-économie des systèmes énergétiques du CEA, représentant de l'Alliance Ancre. Je vais vous parler au nom de l'Ancre, l'association nationale de coordination de la recherche pour l'énergie qui collabore très souvent avec l'Office sur un rythme que nous avons estimé à six fois par an actuellement.

Avec tous nos milliers de chercheurs, arrive-t-on à avoir une vision à peu près homogène de la question de l'innovation dans la transition ? La réponse est oui, à travers plusieurs démarches, plusieurs outils. D'une part, il existe une coordination en interne qui fonctionne beaucoup sur une logique *bottom-up* – je n'ai pas trouvé de meilleur mot – et largement transverse puisqu'en dehors d'approches qui sont disciplinaires ou par secteurs, nous avons plusieurs groupes transverses : un groupe stratégie, un groupe international et un groupe qui s'intéresse aux sciences humaines et sociales (SHS) – qui est un groupe économique qui joue un rôle très fort dans la coordination de l'ensemble.

En dehors de l'alliance, nous interagissons beaucoup, nous travaillons avec beaucoup de partenaires, qu'il s'agisse d'autres alliances françaises comme AllEnvi ou Athéna, comme l'ERA au niveau européen. Et puis à travers notre

comité de coordination, nous avons de nombreux rapports avec des structures ministérielles, des industriels ou des structures qui sont représentées aujourd'hui autour de cette table.

Il est intéressant de voir quels outils nous mettons concrètement en place pour nous coordonner. Nous avons un gros moteur de coordination qui est la construction de scénarios, que l'on peut considérer, ainsi que le disait Yves Bamberger, comme un moteur de systèmes, de mise en cohérence des systèmes. Nous arrivons à travers cet outil à harmoniser les dynamiques, à évaluer les potentiels, les contributions des différentes technologies, à qualifier les points durs.

Demain, d'ailleurs, nous allons présenter notre scénario établi dans le cadre de la loi de transition énergétique française. Nous aurons le plaisir d'y accueillir l'Office.

Pour faire marcher ce moteur, il faut aussi un carburant. Alors, bien sûr, c'est un carburant bas carbone. Le carburant bas carbone, c'est d'abord les femmes et les hommes de l'alliance, avec leurs compétences extrêmement diverses. C'est la conscience des enjeux, qui a été beaucoup évoquée dans cette journée et que nous partageons tous. C'est toutes les discussions itératives que nous avons en mettant en évidence, en comparant les contraintes que nous avons dans nos systèmes. Et à travers ces scénarios, c'est beaucoup aussi la mise en évidence d'un déficit d'innovation qui risque d'arriver notamment à l'horizon 2030, 2035, avec les besoins de recherche amont, de technologies génériques qui leur sont liés.

Les sciences humaines et sociales jouent un rôle absolument essentiel dans la coordination de l'ensemble et dans la mise en évidence de l'importance des contraintes. Pour les économistes, c'est les prix, par exemple, qui permettent de voir les contraintes duales, les niveaux de contraintes et nous le partageons avec nos groupes programmatiques.

La cohérence des programmes de R&D proposés par l'Ancre aujourd'hui est largement le fruit de cette démarche transverse, collective, à travers les scénarios. Elle fonctionne très bien. N'hésitez pas à venir voir ces résultats sur notre site.

Mme Marie-Hélène Schwoob, chercheuse transitions agricoles et alimentaires à l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI). Dans les tables rondes précédentes, on a beaucoup entendu parler de rupture technologique. Ce paradigme technologique est certes important mais ce que l'on oublie, quand on parle d'agriculture – puisque je travaille sur la thématique de transformation dans le secteur agricole – c'est que l'on ne parle pas à quelques centaines de grosses entreprises qui détiendraient la clé de la recherche et du développement pour cette rupture technologique. On ne parle pas à Saint-Gobain, à EDF, on parle à des milliards d'agriculteurs, voire de

petits agriculteurs qui, d'après la FAO, produisent encore 70 % de la demande alimentaire mondiale.

Les agriculteurs sont les premiers investisseurs dans ce secteur. Leurs décisions ne sont pas forcément motivées par l'intérêt économique. Leurs choix technologiques sont extrêmement déterminés par les situations et leurs intérêts sont beaucoup plus complexes qu'on ne le pense. Notamment parce qu'ils font face à toutes sortes de contraintes, au niveau de la détention de titres fonciers ou au niveau de la prise de risque.

Ce que l'on oublie, c'est que l'adoption d'une technologie dans le secteur agricole n'est jamais fiable à 100 % parce que l'agriculture dépend de tout un tas d'autres facteurs extérieurs, et notamment des conditions climatiques.

On oublie aussi de dire généralement que les agriculteurs profitent de l'innovation issue de la recherche et du développement, mais aussi qu'ils sont des innovateurs eux-mêmes. On ne parle pas assez de ce potentiel d'innovation extrêmement fort qu'ont tous les petits agriculteurs.

Quand on réfléchit aux trajectoires de transformation agricole, on s'aperçoit qu'il faut mettre les agriculteurs au centre de la réflexion et promouvoir les approches centrées sur les acteurs.

Comment le fait-on concrètement ? Il y a énormément d'initiatives qui existent aujourd'hui et qui mettent les acteurs au cœur de cette réflexion. Ces initiatives sont à tous les niveaux : aux échelons très locaux jusqu'aux échelons régionaux voire nationaux.

Nous-mêmes, à l'IDDRI, l'Institut du développement durable, on a pris l'initiative de réfléchir, avec des gouvernements de pays aussi variés que l'Uruguay, la Chine, le Royaume-Uni ou la France, à la manière de développer ces trajectoires de transformation. On le fait depuis deux ans au travers d'un processus qui s'appelle le *backcasting* participatif.

Les enseignements que l'on peut tirer de cette approche sont au nombre de quatre. Le premier, c'est qu'il est nécessaire de réunir les agriculteurs et les acteurs de la chaîne agroalimentaire dans les étapes initiales de la réflexion parce que ce sont des experts qui peuvent nous apprendre énormément sur les solutions à mettre en œuvre, sur la faisabilité des solutions et sur les blocages auxquels on va devoir faire face pour y arriver.

Le deuxième enseignement, c'est que ces acteurs doivent être regroupés de manière cohérente – ce peut être au niveau d'une filière ou d'une région – pour discuter d'une vision commune. C'est le problème de l'imaginaire et de la mise en récit dont on parlait tout à l'heure. Il faut réunir ces acteurs autour d'un *output* concret qui est la définition d'une vision commune.

Le troisième enseignement, c'est qu'il faut absolument penser au long terme parce qu'aujourd'hui, privilégier tel choix technologique mène des sociétés entières à s'engager sur des chemins de dépendance dont il est après très difficile de sortir. Il faut donc dès l'amont réfléchir à ce long terme.

La dernière recommandation, c'est qu'il faut encourager au maximum l'échange de solutions entre les différents pays parce que l'on ne peut pas promouvoir une solution qui va être applicable dans tous les pays. Il faut laisser les pays discuter entre eux pour essayer d'aboutir à des recommandations communes, à un partage de solutions qui ne sont pas seulement des solutions scientifiques mais aussi des solutions sociologiques.

Par-dessus tout, il faut remettre l'acteur au centre puisque dans le secteur agricole, il est au cœur du changement.

Mme Anne Salles, maître de conférences en civilisation allemande à l'université Paris-Sorbonne, Paris IV. Je voudrais d'abord vous remercier pour cette invitation de l'ensemble de notre groupe du master Affaires européennes de Paris Sorbonne.

Je voudrais revenir sur le cas de l'Allemagne. On connaît bien les succès de ce pays qui méritent d'être cités : la part croissante des énergies renouvelables dans le mix énergétique puisque l'on est maintenant à environ 30 % de part des énergies renouvelables dans la production d'électricité ; une réelle adhésion de la population (s'il y a des manifestations en Allemagne contre le CETA et le TTIP, il n'y en a pas contre la hausse du coût de l'électricité) ; la baisse de la consommation d'électricité depuis 2007, tendance générale qui se confirme d'année en année (on est à moins 4 % pour le moment, ce qui mérite d'être cité dans un contexte de croissance économique et de haut niveau des exportations). Tous ces facteurs aboutissent à une baisse des émissions de CO₂ de 27 % par rapport à 1990, ce qui, dans la comparaison internationale, est plutôt un beau succès.

Néanmoins, vous l'avez tous compris aussi au vu de ce que l'on a déjà entendu dans les autres tables rondes, il y a des limites à cette transition énergétique. J'aimerais revenir sur trois de ces failles qui sont inhérentes au fonctionnement même de la transition énergétique en Allemagne.

La première faille, c'est que la loi sur les énergies renouvelables donne la priorité aux énergies renouvelables dans la consommation d'électricité. En revanche, une fois ces énergies consommées, épuisées, c'est l'énergie la moins chère qui entre en ligne de compte (actuellement, en Allemagne, le charbon et le lignite). L'Allemagne est, aujourd'hui, le premier producteur mondial de lignite devant la Chine, devant la Russie et les États-Unis, avec environ 180 millions de tonnes produites chaque année. C'est énorme. Le charbon et le lignite ensemble représentent 42 % du mix énergétique.

On est donc, effectivement, dans une situation où les efforts faits d'un côté sont, dans une large mesure, annihilés de l'autre par le poids du charbon et surtout du lignite qui est produit localement. On a là une faille très importante.

La deuxième faille est liée au système des subventions. Les subventions, en Allemagne, sont corrélées au coût de production et non à l'efficacité énergétique, ce qui entraîne que le photovoltaïque concentre à lui seul près de la moitié des subventions allouées aux énergies renouvelables alors qu'il compte uniquement pour 22 % de la production d'électricité verte.

La troisième faille découle du décalage entre la baisse de la consommation d'électricité et la hausse de sa production. L'écart entre consommation et production n'a pas cessé d'augmenter ces dernières années, ce qui signifie que l'Allemagne exporte de l'électricité, souvent à base de charbon et de lignite, vers les pays voisins. Cela a entraîné récemment des protestations de l'Autriche parce que ces exportations menacent la transition énergétique des pays voisins.

On est donc dans une situation où on a moins 27 % d'émissions de CO₂ par rapport à 1990. Mais les trois-quarts de cette baisse se sont produits entre 1990 et 2005, un quart seulement sur les dix dernières années alors que, justement, c'est sur les dix dernières années que l'on a eu la plus forte hausse des énergies renouvelables dans le mix énergétique allemand.

C'est encore plus frappant si l'on prend le rapport par habitant. Là, on est à seulement moins 2,5 % sur les dix dernières années. On a un bilan, surtout sur les dix dernières années, qui est quand même relativement peu favorable. Vous savez que l'Allemagne voudrait arriver à moins 40 % d'ici à 2020. Inutile de dire qu'il est très peu probable qu'elle les atteigne. C'est un constat qui montre évidemment la difficulté à élaborer des outils performants. Et cela soulève, une fois de plus, la question de la mise en place d'une taxe carbone.

Mme Claire Tutenuit, déléguée générale de l'Association française des entreprises pour l'environnement (EpE). Je suis déléguée générale de l'Association française des entreprises pour l'environnement qui rassemble une quarantaine d'entreprises françaises et internationales qui travaillent ensemble sur la manière de prendre mieux en compte l'environnement dans leur stratégie et leur gestion. Les entreprises échangent sur leurs solutions et ont joué un rôle tout à fait important dans la préparation de la COP21 et de l'accord de Paris en affirmant, notamment, que des solutions existent (cela a été largement confirmé cet après-midi), mais qu'il y a besoin d'un dialogue politique privé/collectivités locales pour voir comment accélérer le déploiement de ces solutions et arriver à obtenir une trajectoire d'émission compatible avec l'accord de Paris. Les acteurs de tous les secteurs, y compris le secteur financier, se sont associés pour définir ces trajectoires.

Je voudrais insister sur deux points au-delà de ce dialogue privé/public sur les modalités de la décarbonation qui nous paraissent des conditions essentielles à l'accélération de cette transformation.

Le premier, c'est l'implication des consommateurs qui sont aussi des citoyens. Le problème de la couche d'ozone s'est résolu par un dialogue technologie/politique, privé/public sans que le consommateur n'y participe.

Nous partageons l'opinion que le mode de vie va être essentiel dans la décarbonation. Ce changement de vie ne va pas se faire pour des raisons environnementales, il faut le rendre attractif. C'est un travail en soi de montrer comment le nouveau mode de vie est un mode de vie agréable. Les entreprises ne travaillent plus seulement avec leur direction des technologies mais aussi avec leur direction du marketing pour essayer de comprendre les nouvelles tendances de l'opinion publique qui vont permettre de montrer un modèle de mode de vie dans des villes plus denses mais plus vertes, avec une alimentation éventuellement moins carnée mais néanmoins plus agréable et attractive, moins carnée en viande rouge mais néanmoins plus délicieuse. Avec une mobilité différente également.

Ces modes de vie doivent être conçus collectivement à travers tous les secteurs et partagé avec les consommateurs, qui sont aussi les électeurs, puisqu'ils ne se déploieront qu'avec des politiques appropriées, en particulier le prix du carbone. Le fait de les dessiner est important.

Le deuxième sujet, plus difficile, concerne la conversion industrielle. On voit, bien sûr, les nouveaux métiers, les nouveaux emplois, mais aujourd'hui, certains secteurs ne voient pas bien leur avenir dans un monde décarboné. Or, ce ne sont pas des petits secteurs. Il y a 350 000 personnes dans les industries françaises du pétrole et ces 350 000 personnes ont du mal à se projeter dans un avenir décarboné. Si l'on veut que cette transition se fasse, il faut que ces personnes puissent se projeter avec une longue perspective sur la manière d'y aboutir. Qu'est-ce qui les attend ? Le problème se pose pour les routiers et pour bien d'autres secteurs.

Dans le secteur de l'automobile, les nouvelles mobilités entraînent moins de ventes de voitures individuelles et plus de transports en commun. Ces secteurs sont, à juste titre, inquiets et une perspective de long terme doit être élaborée avec eux, partagée et rendue, elle aussi, sinon attractive, du moins acceptable.

Pour conclure sur ces deux sujets, il me semble qu'il est important que les élus, les pouvoirs politiques et les entreprises travaillent ensemble à une trajectoire de long terme, une perspective de transformation et une espèce de pacte social, du genre de ce que l'on a fait pour le nucléaire dans les années 1970, qui a entraîné des évolutions difficile en matière de charbon. Il s'agit de faire une transformation à peu près de cette ampleur.

M. Gilles Vermot Desroches, représentant de Schneider Electric France et du Gimélec (Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés), président du comité COP du MEDEF. Je voudrais donner trois avis et trois éclairages.

Le premier avis porte sur l'écart de plus en plus important entre la réglementation et l'évolution de marché, ce qui mérite d'être pris en compte par le législateur. L'évolution de marché, c'est évidemment l'évolution des technologies, l'évolution des acteurs – on parle beaucoup des citoyens, des clients – l'évolution des *business model*. Il y a là un problème assez important pour la loi et la réglementation à l'avenir.

Le deuxième avis concerne les ruptures technologiques et l'innovation. La difficulté, en France plus qu'ailleurs, est que la réglementation ne favorise pas l'innovation. Tous ceux qui sont acteurs de la réglementation aiment, pour la faire avancer, utiliser des études d'impact de trois, quatre, cinq, dix ans dont on sait très bien qu'elles ne peuvent pas exister avec ce qui survient dans l'innovation aujourd'hui.

Le troisième point est que l'État est, en France, un très bon régulateur mais qu'il est très peu exemplaire. On peut de nouveau citer Gandhi : « *Sois le progrès que tu veux voir advenir* ». Pour ce qui est de la réglementation thermique, on en est très loin.

Je prendrai un exemple qui pourrait être humoristique s'il n'était pas très sérieux. Vous avez vous-même, Monsieur le Président, attiré l'attention sur cet exemple qui concerne le décret « tertiaire ». Ce n'est pas un décret qui est lié à la loi de la transition énergétique, c'est un décret qui devait sortir pour le Grenelle II. Il n'est toujours pas paru alors même que les innovations technologiques, et particulièrement celles sur le contrôle intelligent du bâtiment, concernent 1 million de mètres carrés en France avec des gains d'efficacité énergétique reconnus. Les solutions existent, il faut les mettre en œuvre.

Le bâtiment scolaire représente 125 millions de mètres carrés. Une gestion intelligente du bâtiment scolaire fait que le retour sur investissement se fait sur un ou deux ans. Il y a donc là un sujet très intéressant sur l'État régulateur qui n'est pas un État exemplaire et pour lequel on doit avancer davantage.

Deux autres points pour aller au bout de cette intervention.

Il y a une réforme un peu copernicienne qui place le citoyen-client-consommateur par son comportement au cœur de la transition énergétique et qui impose à tout le monde, y compris le législateur et celui qui met en œuvre la loi, de faire confiance au comportement de ce citoyen qui est essentiel dans la nouvelle évolution de la transition énergétique telle qu'on la voit aujourd'hui.

J'ai envie de dire : la demande d'abord et l'offre ensuite. Dès que l'on parle de transition énergétique, on passe deux minutes sur la réflexion relative à la demande, pour passer tout le reste du temps de la discussion sur l'évolution du mix et sur l'offre énergétique. Si l'on pouvait prendre beaucoup plus de temps pour l'étude de la demande, pour l'étude de la manière de réduire cette demande, en particulier en y mettant de l'intelligence... Toutes les études montrent que des consommateurs qui font une partie de leur consommation en autoconsommation avec en plus un pilotage intelligent qui leur permet d'accroître leur confort et de piloter mieux leur consommation, représentent le levier probablement le plus important de la réforme et de la réduction de la consommation énergétique.

Il me semble que le législateur devrait être agnostique en termes de technologies, en les permettant toutes et en les soutenant toutes, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui en France.

Enfin, dernier point sur l'évolution d'un certain paradigme. On disait qu'il y avait 500 000 logements à rénover et que l'on en rénove moins de 200 000 par an. Les nouveaux moyens technologiques permettent de faire des réductions de consommation énergétique de 20 à 30 % pour 10 euros d'investissement au mètre carré. Probablement qu'en les prenant mieux en compte et en permettant à des foyers pauvres qui n'ont pas assez d'argent de faire néanmoins des rénovations énergétiques, on pourrait accroître le nombre de logements en rénovation énergétique et réduire en même temps la consommation énergétique.

M. Didier Roux, directeur de la recherche et de l'innovation de Saint-Gobain, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies. Saint-Gobain fait partie de ces entreprises qui se sont engagées dans la lutte contre le réchauffement climatique et qui sont persuadées que cette lutte doit se faire avec les entreprises et non pas contre elles.

Notre président a pris un certain nombre de mesures. Il s'est engagé à baisser de 20 % notre impact de production de CO₂ à l'horizon 2025, ce qui a entraîné un certain nombre de conséquences, notamment sur l'innovation. C'est intéressant de voir comment une décision de ce type réorganise notre organisation interne vers des objectifs qui sont clairs et fixés.

Concrètement, on a mis en place un programme transversal autour du CO₂ qui permet, à partir des *road maps* de toutes nos activités, de s'apercevoir que les solutions ne passent pas par la seule mise en œuvre de solutions existantes.

Il est donc nécessaire de trouver des innovations pour répondre à cet engagement. C'est ce que nous avons mis en place et c'est ce que nous faisons.

Nous avons aussi un certain nombre d'autres possibilités qui portent, par exemple, sur le choix des matières premières, l'amélioration de la logistique et donc l'impact CO₂ de celle-ci, sur lequel nous commençons à travailler avec toujours cet objectif de la baisse des émissions de carbone.

Je voudrais juste citer, pour finir, le fait que nous avons mis en place un système d'éco-innovation, c'est-à-dire la possibilité de pouvoir préparer les produits du futur avec un impact environnemental plus large que le CO₂ minimum.

M. Patrice Noailles-Siméon, secrétaire du Collectif innovation 2017. Je vais essayer de parler de l'État, thème dont on n'a pas entendu parler sauf il y a deux minutes. On n'a pas parlé de l'État de toute la journée, c'est très étonnant. On en a parlé indirectement mais on n'a jamais prononcé le mot sauf M. Verdot Desroches qui a parlé de l'État régulateur.

L'État, en fait, est celui qui peut permettre et qui est l'outil capable de mobiliser toutes les capacités d'innovation d'un pays. Nulle part ailleurs, vous ne trouvez cette concentration de moyens dans la chaîne mondiale. C'est pour cela que l'on sera obligé, si l'on veut *booster* l'innovation dans les années qui viennent, de renforcer le rôle de l'État ou de le laisser animer plus activement l'ensemble de l'innovation.

On peut lui trouver quatre rôles, qui correspondent à quatre fonctions.

Première fonction, c'est l'État stratège de la recherche. Personne ne lui conteste ce rôle dans aucun pays. Les États-Unis sont sous la direction de la recherche de l'État fédéral. La France est sous la direction de la recherche de l'État et des grands organismes. Ce sont de tels organismes qui peuvent insuffler une accélération avec un problème, on le sait, entre la gestion par projet et la gestion par labo. Ce sera le problème du prochain gouvernement.

La deuxième fonction de l'État, c'est l'État consensuel qui élabore un consensus pour le progrès qui soit le bon, c'est-à-dire accepté de façon consensuelle. Il faut aussi que l'État soit capable de faire évoluer ce consensus probablement avec une structure du style Conseil national de l'innovation, qui existe dans la plupart des pays d'Europe.

La troisième fonction que l'État doit remplir, c'est celle d'orchestrateur de l'innovation. Non pas directeur mais orchestrateur. Il fait de la régulation mais, surtout, met en place ce qu'il faut, les conditions, ce que certains appellent les écosystèmes où l'innovation peut se développer.

Dernière fonction : l'État est l'interface naturelle avec les autres pays pour que les politiques d'innovation s'additionnent et ne soient pas uniquement en compétition entre elles.

Si l'on met en place ces quatre fonctions, on aura d'abord un outil qui servira pour l'environnement mais aussi pour toutes les innovations. Je pense qu'il y a là du travail pour quelques années.

DÉBAT

M. Jean-Paul Chanteguet. Je vais passer la parole à nos étudiants s'ils le veulent bien.

Mme Eloïse Force, étudiante. Mon intervention va rejoindre celles de Mme Blauel et de M. Valantin.

Je voudrais vous parler de sensibilisation parce que quand on parle de transition énergétique, il s'agit d'abord de changer nos comportements et ensuite d'envisager d'utiliser les matières rares et les innovations. Pourquoi la transition énergétique se fait-elle beaucoup plus par le haut – avec les traités internationaux et les entreprises – et moins par le bas au niveau individuel et au niveau des citoyens ?

Je voudrais souligner le manque d'investissement dans la prévention et dans la sensibilisation au changement climatique parce que clairement l'écologie, ce n'est pas très sexy. Pourtant, il y a des organisations de coopération entre les villes, notamment entre la France et l'Allemagne, dans des projets tels que Tandem. Des partenariats sont formés entre une ville allemande et une ville française, des experts en écologie sont mis à disposition et les villes travaillent ensemble.

Je vais vous citer quelques exemples : Freiburg et Besançon ont fait un concours entre les familles des deux villes. La famille qui a gagné est celle qui a consommé le moins d'énergie ; Épernay et Ettlingen ont acheté un bus qui circule dans les deux villes pour s'adresser directement aux citoyens et leur expliquer ce qu'ils peuvent faire dans leur logement pour changer leur impact écologique ; Grenoble et Essen ont élaboré un programme « mur-mur » pour financer l'amélioration de l'isolation des copropriétés.

Il y a donc différents travaux pédagogiques qui sont plutôt motivants et incitateurs, mais ils manquent de soutien politique et de financement. Il y a pourtant des résultats concrets et très positifs, ce que je ne comprends pas.

Pourquoi ne pas favoriser ce genre de partenariats, au-delà du couple franco-allemand, au niveau européen et, pourquoi pas, international ?

Mme Camille Labarthe, étudiante. Je voudrais intervenir sur les initiatives citoyennes et l'acceptabilité des solutions de lutte contre le réchauffement climatique par les populations.

D'après certaines études, les pays européens les plus avancés dans la transition énergétique sont ceux qui ont fait le choix de promouvoir une appropriation citoyenne de la question. C'est le cas, notamment, en Allemagne où 51 % de la production d'énergies renouvelables sont détenus par la population. On peut également citer l'exemple du Danemark où 100 000 familles détiennent des parts dans un parc éolien.

Ce qui est intéressant, c'est que des projets comparables et tout aussi concluants ont aussi été menés en France, notamment au parc éolien citoyen de Sévérac-Guenrouët en Bretagne où 27 % des fonds propres, soit 2,7 millions d'euros, sont détenus à 90 % par des citoyens pour qu'ils conservent la maîtrise du projet. On voit donc qu'un projet d'énergie renouvelable peut être porté par les citoyens.

Donner à notre modèle de transition énergétique la dimension de la participation citoyenne permettrait d'apporter un élément de réponse à la fois à la question du financement mais également à celle de la mobilisation des populations qui restent, encore aujourd'hui, un frein principal à la réalisation de certains projets, notamment en matière d'éoliennes. Je pense aussi que ça permettrait la prise en compte des questions environnementales dans les débats politiques.

Mme Louisa Bamba, étudiante. La transition énergétique a soulevé de nombreux problèmes, dont certains restent non résolus notamment à cause de visions trop à court terme et d'une coopération pas encore effective entre tous les acteurs de la vie sociale. Une interrogation majeure, qui concerne non seulement la France mais aussi tous les pays signataires de la COP 21, reste celle du droit à polluer. Il est évident que c'est une grande entrave à la protection environnementale. Cela n'incite en rien les entreprises et les États les plus pollueurs à baisser la quantité des émissions produites puisque le marché des certificats n'a jamais été aussi avantageux, contrairement à ce qui a été dit lors de la table ronde précédente.

Si l'Allemagne a décidé de réformer son droit avec la nouvelle loi, on voit bien que certaines questions restent non résolues. On n'accorde pas assez d'attention à la précarité énergétique qui touche, comme l'a dit M. Laude, 12 millions de personnes. D'où ma question : quelles sont les aides, à court terme et socialement acceptables, pour les ménages français et européens en général ?

M. Pierre Radanne. Je trouve que, dans cette dernière table ronde, la dimension « sciences humaines » est assez faible. On a quand même un grand chantier sur ce sujet. Bien évidemment, il y a un travail qui est fait au niveau de l'éducation nationale, mais la population vieillit et il n'y a pas de mécanisme de mise à jour des connaissances. C'est très bien de miser sur les jeunes mais les jeunes qui sont, aujourd'hui, à l'école primaire ne seront pas encore décideurs en 2050. Il faut donc que les générations intermédiaires se mettent sérieusement au travail.

Je crois qu'il va falloir que l'on réfléchisse aussi aux instruments de mesure. On a tous appris à gérer notre argent et donc à faire nos choix en liberté mais on n'a pas le droit de se mettre dans le rouge au niveau de la carte bancaire. Il va bien falloir qu'à un moment, on fasse un investissement dans la capacité de chaque personne à comprendre l'impact de ses actes. Sinon, les gens font des gestes sans connaître le résultat qui va en découler.

Je crois que l'on a aussi un problème très lourd sur les méthodologies de mise en réseau. On voit bien, à travers la COP22, qu'il faut que l'ensemble des acteurs d'une société coopèrent. Il faut, bien sûr, qu'il y ait l'État mais, derrière l'État, il faut des entreprises, des milieux professionnels, des territoires, le secteur bancaire, des ONG. Comment arrive-t-on à articuler dans une gouvernance collective multi-acteurs ce type de mécanisme ? On a les nouvelles technologies de communication qui vont nous aider mais, encore une fois, tout cela mérite d'être organisé.

Par rapport aux questions qui étaient posées par les jeunes, tout à l'heure, sur les comportements, je trouve aussi que l'on a un vrai problème d'absence de travaux sociologiques, de travaux psychologiques, de travaux de psychanalyse pour voir comment les gens peuvent se mettre en mouvement. C'est quand même un point essentiel.

Je reviens à la charge sur ce que j'ai dit tout à l'heure : on a besoin de récits de vies réussies. Sans cela, on ne va pas y arriver. Là-dessus, on a besoin de convoquer l'ensemble des sciences humaines, y compris la littérature, parce que le mode de communication politique d'aujourd'hui, on le voit, ne passe pas dans l'opinion.

On est en train de vivre un changement de civilisation considérable d'ici à 2050 et on essaie de le faire sans récit. Ça ne va pas passer.

Mme Célia Blauel. Ça ne va pas être forcément facile de passer après M. Radanne, même si je partage une partie de ce qui a été dit. Peut-être de manière plus optimiste, les questions posées par les jeunes gens présents dans cette salle laissent beaucoup d'enthousiasme et d'espoir pour la suite. Ils n'ont qu'à devenir décideurs plus rapidement que prévu. Peut-être que des gens plus âgés ont envie de prendre une retraite anticipée.

En tous les cas, il y a un vrai sujet de communication, c'est certain. A la ville de Paris, on a testé, il y a un mois, un dispositif suédois de conférence citoyenne sur la question climatique. On s'est rendu compte qu'en fait, en l'espace de deux week-ends, des personnes qui n'y connaissaient absolument rien se sont retrouvées investies de la question et ont été force de proposition par rapport à la ville. Vingt personnes sur l'ensemble de la métropole parisienne, ça fait peu, mais preuve est apportée qu'il y a des choses qui peuvent être faites.

Ce qui est intéressant dans le moment que l'on est en train de vivre, vu que le sujet est la mobilisation, c'est que l'on a des politiques publiques – en tout cas au niveau des collectivités – qui sont des grands rouleaux compresseurs de l'investissement public, qui sont très intéressants et efficaces mais on se rend bien compte qu'il faut y remettre de l'humain. Cela demande de casser nos barrières d'imaginaire et la façon dont on fait de la politique publique aujourd'hui.

On a besoin, effectivement, de plus de recherche. Pourtant, des dispositifs existent, comme le montrent les mouvements de transition dans les pays anglo-saxons. C'est là qu'il faut aller creuser.

S'agissant des questions qui ont été posées, les dispositifs que vous décrivez existent en France avec « Familles à énergie positive » où l'on met les familles en compétition, avec l'agence parisienne du climat où l'on essaie de faire interagir les personnes.

Évidemment, il faut aller plus loin, notamment en matière de financement participatif, qui constitue un autre levier pour faire entrer les gens dans un mouvement positif pour la transition. Il y a une vraie envie d'entrer dans cette dynamique, contrairement à ce que l'on pense.

Charge à l'institution – je le dis en tant que ville de Paris mais c'est valable pour l'État et pour tous les institutionnels que nous sommes – de faire sa petite révolution pour trouver les outils et la place pour ces personnes et de raconter l'histoire différemment parce que force est de constater que ça ne prend pas.

M. Gilles Vermot-Desroches. Je suis tout à fait d'accord avec les propos de Pierre Radanne sur la nécessité d'un récit. C'est d'ailleurs pourquoi Schneider Electric, qui met des solutions d'efficacité intelligente sur le marché, s'associe à son projet.

J'ai trouvé que les questions des étudiants, posées au milieu et à la fin de cette journée, étaient très intéressantes parce que, plus que nous-mêmes, ils remettent les citoyens au cœur. On s'aperçoit que le numérique leur est constitutif puisqu'il est de leur génération plus que de la nôtre. Le numérique n'a de valeur que quand il met le citoyen au cœur, quand il crée des communautés.

On parlait, avec Célia Blauel, du financement participatif. Je suis sûr que dans la transition énergétique de demain, les communautés et le numérique joueront un rôle très important et donneront probablement un peu tort à la vision historique que l'on a, selon laquelle tout cela naît d'un État et d'un État tout puissant.

La France, où l'État est très régulateur et très présent, est probablement l'un des pays industrialisés où l'on vend le moins de solutions d'efficacité énergétique. Il faut quand même en tirer quelques conséquences.

La précarité énergétique est réelle : 10 % des Européens n'ont pas les moyens de payer l'ensemble de leurs besoins. Entre nourriture et chauffage, ils doivent faire des choix. Le numérique permet à un certain nombre d'entre eux d'accroître leur reste à vivre de 100, 200, 400 euros par an. Pour ces citoyens-là, c'est très important. Il est donc clair qu'autour de la confiance qui leur est donnée, il faut donner aussi des outils qui leur permettront d'avancer. Ces outils sont sur le marché aujourd'hui et sont en capacité d'être des solutions pour accompagner les uns et les autres.

M. Yves Bamberger. Pour compléter ces notes d'optimisme, je connais un certain nombre de bailleurs sociaux et d'associations qui travaillent sur le terrain, qui cherchent et réussissent à former les gens à utiliser au mieux les nouveaux matériels qu'ils ont après les opérations d'innovation ou d'isolation thermique. Il me semble que l'OPECST pourrait inviter un ou deux bailleurs sociaux et aussi des acteurs d'associations qui essaient sur le terrain d'aider nos concitoyens à faire des économies. Il me semble aussi qu'il y a là un motif de réussite.

M. René Longet. J'aimerais moi aussi remercier les étudiants. Je trouve que l'on a là des retours très intéressants.

De gros enjeux se dessinent. Je constate – et je crois que l'on sera tous d'accord dans la salle – qu'il y a un très gros déficit de connaissances et d'informations dans l'opinion publique en général. Cela provient, à mon avis, d'un comportement très erratique des médias et de l'information. On a eu un pic d'informations autour de la COP 21, il y a une année, et après la plupart des médias ont estimé que ce n'était pas intéressant. Comme l'a dit quelqu'un ici, ce n'est pas sexy.

Que faut-il pour intéresser les médias ? Il faut un scandale, il faut une guerre, il faut de la violence. Il faut qu'il y ait un conflit. Les médias ne sont pas formatés pour la continuité, pour aller en profondeur et pour aller vers des solutions.

Je vois trois orientations qui me paraissent nécessaires. Une première orientation, c'est de répandre des bonnes nouvelles et pas seulement des mauvaises. Tout à l'heure, la personne qui représentait le GIEC disait qu'il y avait eu une bonne nouvelle, qui est passée totalement inaperçue : en 2014, on a atteint un plafond des émissions de CO₂. Depuis, elles n'ont pas augmenté, ce qui est quand même mobilisateur. On se dit que l'on ne va pas vers une exponentielle qui va nous entraîner à la dérive. Il commence à y avoir quelque chose.

Tout à l'heure, Madame Salles disait qu'en Allemagne la consommation d'énergie diminuait régulièrement. Ce sont de bonnes nouvelles. Comme celle qui est de dire que l'on est en train de sauver la couche d'ozone. C'est quand même important. Grâce d'ailleurs à des accords internationaux, je m'empresse de le dire à nos interlocuteurs étudiants. C'est aussi nécessaire et utile. Il faudrait donc répandre plus de bonnes nouvelles parce que c'est beaucoup plus mobilisateur que les mauvaises. Sans faire d'idéalisme, parce qu'il faut que ce soit de vraies bonnes nouvelles, pas des fausses.

Il faut beaucoup plus parler des bons exemples. On a évoqué, tout à l'heure, les échanges entre les collectivités allemandes et françaises. Je pense qu'il y a beaucoup de bonnes pratiques. On en a entendu un certain nombre aujourd'hui et je pense qu'elles peuvent être racontées.

Le dernier point, évidemment, c'est le récit sur l'avenir de notre société. Vous l'avez dit, Mme Tutenuit, quand vous avez parlé de comment vivre mieux en étant moins prédateur face à l'environnement. Ce n'est pas simplement arrêter d'être des prédateurs. C'est comment vivre mieux. Ça, c'est aussi un récit. Si dans ce récit, on n'inclut pas les gens dans la précarité, s'il n'y a pas de réponses aux questions d'emploi, s'il n'y a pas de réponses aux questions de la précarité sociale, ça ne marchera pas.

On a donc besoin d'un nouveau projet de société. Je pense que l'on est tous d'accord. Il faut lui donner de la substance. C'est quand il y aura un récit fondateur que les gens arrêteront de croire aux faux gourous et de voter pour des solutions qui sont pires que le mal.

Mme Claire Tutenuit. Je voudrais aborder trois sujets.

Tout d'abord, un message pour les jeunes. EpE vient de lancer un prix sur le thème : « *Quel message vous ferait changer votre consommation ?* ». Je vous invite à y répondre parce que vous avez beaucoup d'idées. N'hésitez pas à regarder ce prix qui est bien doté.

Ensuite, quelques remarques sur le rôle de l'efficacité énergétique et le rôle de l'État. Le rôle de l'État nous paraît quand même extrêmement important et notamment avec des signaux prix appropriés, puisque l'expérience montre que l'efficacité énergétique sans signal prix donne souvent plutôt des effets rebond, donc, des progrès relativement limités en termes d'émissions. Le niveau des prix de l'électricité en Allemagne n'est sans doute pas étranger au fait que le marché de l'efficacité énergétique est extrêmement dynamique.

Enfin, la précarité énergétique. Faut-il accrocher le montant des aides au niveau de la consommation ? Ne faut-il pas plutôt essayer d'élaborer une aide aux revenus plutôt qu'une aide orientée sur l'énergie, qui laisse un effet extrêmement incitatif à la réduction des consommations et laisse, surtout aux personnes dans cette situation difficile, un choix de consommation ?

Mme Françoise Waintrop. En réalité, beaucoup se passe au niveau français et au niveau international, notamment l'approche comportementale qui est suivie par beaucoup d'États et est relayée par l'OCDE et la Commission européenne.

Une association qui s'est créée en France et qui s'appelle Nudge France (« *nudge* » fait référence aux mutations) a mis sur son site les quatre-vingt-douze propositions que les étudiants ont faites l'année dernière sur le développement durable.

Cette année, on a travaillé sur le développement durable dans la candidature de Paris aux Jeux Olympiques. Pour l'instant, on ne peut pas mettre les éléments sur le site mais on les mettra bientôt.

Ces éléments sont vraiment basés sur des études de comportements, sur des choses extrêmement concrètes. Ils ont fait notamment l'objet du prix Nobel qu'a reçu, en 2002, Daniel Kahneman. Le *nudge* a aussi la particularité de ne pas être cher à mettre en place.

Le problème en France, c'est le manque de connaissances de ces éléments, de ces actions qui sont mises en place. Ce n'est donc pas le fait que ça n'existe pas, puisqu'en réalité ça existe vraiment.

M. Jean-Jacques Frank, ingénieur-conseil et inventeur. J'ai construit une maison qui est parée contre toutes les catastrophes naturelles et totalement autonome en énergie, en eau, en tout. C'est une maison qui est vraiment adaptée à chaque circonstance, destinée au grand public, et qui peut toucher aussi tous les ministères possibles. On peut aussi réaliser des blocs autonomes.

C'est la maison de demain. Elle peut être en bois, composite ou compact. Vous pouvez taper « *le module de Franck* », sur Google ou sur YouTube, et vous verrez des vidéos très explicatives. Ce sont des maquettes au 1/50^{ème} mais très fonctionnelles. L'avenir est là, aussi.

M. Jean-Michel Valantin. J'ai une remarque qui m'a été inspirée par la remarque de Pierre Radanne et par celles des étudiants.

Dans le champ de l'éducation au développement durable, nous promovons beaucoup les projets d'écoles, de collèges, de lycées technologiques, généraux ou professionnels. Nous avons remarqué que, quand un établissement s'engage dans un projet de développement durable – par exemple, de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique – sont concernés les enseignements, la vie scolaire (c'est-à-dire tout ce qui se passe en dehors de la classe), la maintenance et la gestion de l'établissement et son ouverture vers l'extérieur, en particulier sur les acteurs du territoire. Les élèves qui s'intéressent à un tel projet s'impliquent à la fois dans une démarche éducative qui les concerne directement mais aussi, de fait, dans un phénomène planétaire. Lutter contre le changement climatique vous branche directement sur une problématique planétaire. Cela donne un sens tout à fait renouvelé à d'autres trajectoires scolaires et a des effets rétroactifs très rapides et extrêmement forts sur les apprentissages en géographie, en science, en éducation civique mais, aussi, sur le rapport même à l'établissement et à tout ce qui va être l'environnement écosystémique, social, infrastructurel et politique de l'établissement.

En d'autres termes, le développement durable peut aussi faire émerger un projet de société voire de civilisation dans les établissements scolaires.

En 2014 et 2015, pour l'accueil de la COP21, nous avons beaucoup travaillé avec des associations étudiantes, notamment le ReFED et Climates qui travaillaient sur des simulations de négociations internationales sur le changement climatique. Ils nous en ont fait faire à l'échelle de l'éducation nationale, sur tout le territoire, dans toutes les académies, dans de très nombreux lycées et collèges.

Amener les élèves à se mettre dans la peau de négociateurs et donc à se préparer a eu là aussi ces effets que j'évoquais sur leur trajectoire scolaire et sur leur prise de conscience de leur place en tant que citoyen d'un pays, d'un monde, d'une planète.

Je pense que l'émergence de conscience collective, et de récits qui vont avec, est en train de se faire. Simplement, ce travail est collectif.

M. Jean-Luc Dormoy. Après une carrière dans la recherche et dans l'industrie, j'ai commencé, à partir de la cinquantaine, à créer des *start-up* et des sociétés innovantes. Je voudrais remercier Mme Waintrop parce qu'elle a été la seule ce soir à mentionner le nom d'une *start-up*, la *start-up* américaine OPower. Pourtant, dans les dix kilomètres autour de cette salle, il y a des milliers de *start-up* qui sont en train de se créer et d'essayer de se développer. Beaucoup abordent des problèmes qui, s'ils ne sont pas résolus, auront très probablement un impact sur le réchauffement climatique.

Est-ce que ça signifie que l'on considère, même s'il y a effectivement beaucoup d'aides qui sont apportées par les pouvoirs publics et notamment en R&D, que ces sociétés innovantes n'auront pas d'impact significatif sur les problèmes que nous attaquons ?

C'est vrai que ces *start-up* en sont encore souvent, en Europe aujourd'hui, à l'étape de se battre pour leur premier million de chiffre d'affaires. Rarement pour leur centième million. Et pratiquement jamais pour leur milliard. Ça commence à venir. C'est juste l'actualité. Je n'ai rien à voir avec Blabla Car. BlaBla Car a trois millions d'utilisateurs en Espagne. Il vient de se voir infliger une amende par le gouvernement espagnol et attaque le gouvernement espagnol à Bruxelles. BlaBla Car, me semble-t-il, est l'un de ces instruments qui permet d'éduquer, de faire en sorte que des millions de personnes se saisissent de la technologie pour résoudre un problème. Là, en l'occurrence : le covoiturage. Je pense que ça a un impact positif.

Que se passera-t-il demain – et j'espère que ça se passera – s'il y a une menace qui arrive sur l'industrie automobile, non pas d'un Tesla qui est américain ou d'un futur équivalent Tesla qui serait asiatique, mais d'un fou européen qui créerait une société similaire et qui s'aviserait de vouloir concurrencer PSA, BMW mais aussi General Motors ou Toyota ?

Lorsque le gouvernement américain a lancé une grande campagne pour les autoroutes de l'information au début des années 90, il n'a pas mis tous ses œufs dans le panier télécom. Je pense que ça a été nécessaire. Non pas parce que les gens des télécom ne sont pas bons mais parce que l'organisation de l'entreprise de télécom ne correspondait pas à la nouvelle technologie, c'est-à-dire à la technique et à la manière dont les gens s'en saisissent.

CONCLUSION DES DÉBATS

M. Jean-Paul Chanteguet, député, président de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale. S'il n'y a pas d'autres interventions, nous allons, avec Jean-Yves Le Déaut, dire un mot de conclusion. C'est forcément difficile, vous le comprendrez, de faire une synthèse. C'est une journée qui a été quand même, pour ce qui nous concerne, relativement riche, puisque nous avons ce matin les premières rencontres sur les résultats de la COP22 de Marrakech et sur le rôle des acteurs non étatiques, à l'hôtel de Lassay, présidées par le président de l'Assemblée nationale et, cet après-midi, ces trois tables rondes.

Quelques mots de conclusion pour ce qui me concerne. Je pense tout d'abord que nous sous-estimons un peu les enjeux par rapport aux objectifs qui ont été fixés. C'est vrai qu'aujourd'hui – et c'est le résultat de la COP21 – nous pouvons, par rapport au réchauffement climatique, être quelque peu inquiets. L'augmentation de 1,5 ou de 2 degrés est une augmentation qui malheureusement risque d'être dépassée. Il est indispensable que les pays de cette planète révisent à la hausse et le plus rapidement possible leurs engagements, leur INDC, puisqu'il est prévu que les premières révisions interviennent en 2025. C'est beaucoup trop loin. Il faut donc que des pays s'engagent à réviser, avant 2020, leurs objectifs.

Parallèlement à cela, nous constatons que nous avons voté une loi de transition énergétique, importante bien entendu, et cette loi de transition énergétique fixe un certain nombre d'objectifs. Nous pouvons nous demander si les objectifs que nous avons fixés sont suffisants ou seront suffisants.

Je voudrais prendre deux exemples qui concernent le bâtiment et le secteur de l'automobile. Le secteur du bâtiment a un objectif de 500 000 rénovations par an. Il y a 30 millions de logements. Lorsque vous faites la division, vous vous rendez compte qu'il nous faudra soixante ans pour en rénover la totalité et je n'intègre pas les mètres carrés du secteur tertiaire. C'est donc un temps très long.

Pour le renouvellement du parc automobile, j'ai cru comprendre que l'on renouvelait 2 millions d'automobiles par an. Il y a 30 millions de véhicules. Donc là aussi, vous voyez le temps qu'il faudra pour renouveler le parc automobile.

Je ne suis donc pas sûr que les objectifs fixés soient suffisamment ambitieux et permettent d'atteindre les objectifs en termes de réduction d'émission de gaz à effet de serre.

Dernière remarque que je voulais faire, c'est que nous avons tous besoin, qu'il s'agisse des collectivités territoriales, des entreprises ou, bien sûr, des citoyens, d'une trajectoire, nous avons besoin d'une lisibilité et comme le disait

Pierre Radanne, nous avons besoin d'un récit. Ce récit n'existe pas malheureusement, nous le savons.

Le rythme des élections qui est un rythme très rapide ne favorise malheureusement pas cette lisibilité, ne favorise pas l'émergence d'un récit. Nous devons nous en inquiéter. Certains remarquent que l'on ne parle pas beaucoup de réchauffement climatique et d'environnement dans le cadre du débat pré-présidentiel qui est en train de s'organiser. C'est vrai que nous pouvons nous en inquiéter et nous pouvons nous interroger.

La loi de transition énergétique a été votée et elle a véritablement le mérite d'exister. Mais nous pouvons quelquefois nous dire que nous n'avons pas des attitudes complètement cohérentes. Qui dit transition énergétique, dit besoins financiers publics mais aussi privés. En parallèle, nous nous sommes battus, à l'Assemblée nationale, pour mettre en place la contribution climat-énergie ou taxe carbone. Nous pouvons nous féliciter d'avoir donné un prix au carbone. Ce n'est pas un prix virtuel, c'est un prix qui est pris en compte par les entreprises pour prévoir leurs investissements. C'est donc une réalité. En 2016, le prix de la tonne de carbone est de 30 euros. Il sera de 56 euros en 2020 et de 100 euros en 2030.

La France dispose de cette fiscalité qui devrait servir, je le pense, à financer la transition énergétique. Malheureusement, les moyens financiers qui ont été mobilisés en 2016, de l'ordre de 6 milliards d'euros, servent pour une très faible part à la transition énergétique, pour financer, en particulier, la baisse de la TVA pour les travaux d'efficacité énergétique.

J'aurais souhaité qu'une part beaucoup plus importante soit consacrée au financement de la transition énergétique car si nous ne donnons pas véritablement une impulsion, si nous ne permettons pas aux acteurs non étatiques, et en particulier aux territoires et aux collectivités territoriales, de faire plus et mieux, nous ne pourrions pas atteindre les objectifs qui ont été fixés.

Voilà très simplement ce que je voulais vous dire. J'ai trouvé ces tables rondes particulièrement riches et je voulais remercier Jean-Yves Le Déaut d'avoir pris cette initiative avec l'OPECST. Les rencontres de cet après-midi ont été particulièrement fructueuses, intéressantes et je dirais que presque tout a été dit. Il suffit maintenant d'en faire une véritable synthèse.

M. Jean-Yves Le Déaut, député, président de l'OPECST. Cinq heures d'horloge. Je ne sais pas si vous les avez vues passer mais c'est beaucoup. Je crois que c'est une question qui mérite débat. Sur presque tous ces sujets, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologique a rendu des rapports, souvent à la demande des commissions.

Vous avez vu que notre méthode de fabrique, qui s'est installée et qui, initialement, était une méthode américaine, avec les auditions publiques contradictoires, est quand même plus satisfaisante que des discussions seulement entre parlementaires. Quand on réunit, autour d'une même table, des élus, des

responsables associatifs, des représentants de l'administration, des amis étrangers, des scientifiques, des universitaires, des industriels, on a un débat qui peut être un débat riche. On entend surtout un certain nombre de messages.

On a donc entendu des messages forts toute la journée, depuis ce matin.

L'OPECST a voulu se concentrer sur une partie de l'Accord de Paris : son article 10 mais on a très largement débordé parce qu'il fallait déborder cet article.

Ce que je retiens, c'est qu'il y a une situation d'urgence. C'est ce que j'écrivais dans mon rapport de 2006 quand je présidais la première mission d'information avec Nathalie Kosciusko-Morizet. L'horizon est incertain. C'est un défi pour nous. C'est le défi du XXIème siècle comme je l'écrivais en 2006. Ça reste le défi aujourd'hui. Il n'y a pas une ligne à enlever de qui était écrit à l'époque.

Les accords de Paris sont en progrès par rapport à la situation des accords de 1997. J'ai eu la chance en tant qu'ancien parlementaire d'être allé à Rio avec le président Mitterrand. J'ai eu la chance d'avoir été au début de ces discussions à Rio en 1992 et d'avoir connu toutes les suites sur ce sujet.

Il n'y aura pas d'avancée s'il n'y a pas trois points qui sont réunis. Vous les avez tous abordés. Le premier point, ce sont les financements et ça a été dit très largement ce matin. Le deuxième point, c'est la mobilisation avec les gestes quotidiens, centrée sur les acteurs. Je répète tout ce que vous avez dit mais avec également la sensibilisation. Toute la partie sur la sensibilisation des jeunes et des étudiants est majeure. Mais il n'y aura pas non plus de résultat positif si on ne fait pas rentrer l'innovation et la recherche et le développement. Je mets bien sûr aussi les start-up dans la recherche et le développement, c'est-à-dire le transfert des connaissances et le transfert du savoir-faire.

Le lien entre les sciences humaines et sociales et les technologies est majeur sur ce sujet. C'est Pierre Radanne qui l'abordait. On a fait une audition là-dessus en janvier dernier. Aujourd'hui, on voit que sans sciences humaines et sociales, il n'y a pas de réel développement technologique. Alain Fuchs, qui était le président de l'Alliance Athéna, a mené cette réunion. Il a terminé sur les questions de terrorisme. C'est-à-dire que l'on est parti des sciences humaines et sociales et on est arrivé sur des questions très différentes avec des sujets très intéressants. On travaille aussi à l'Office sur les questions de l'intelligence artificielle et des droits de l'Homme.

Dans les solutions qui ont été abordées, je trouve que beaucoup d'entre elles sont positives. Je partagerai avec M. Vermot Desroches un point qu'il a indiqué. Pour avoir fait un rapport sur le bâtiment, où j'ai un peu secoué le mirabellier, je suis allé partout, y compris à Saint-Gobain. J'ai essayé de voir comment fonctionnait notre système. Il n'était pas transparent. Il était comme celui du nucléaire dans le passé. Ça a progressé dans le nucléaire. Mais il n'y avait pas de contrôle, on ne savait pas comment fonctionnaient les moteurs de calcul.

Mais je partage un point, c'est que dans l'équilibre, l'intelligence n'est pas assez prise en compte et la gestion active de l'énergie n'est pas assez prise en compte. C'est un des moyens de progresser, ce n'est pas le seul. Il y a bien sûr l'isolation. La réglementation, globalement, ne favorise pas l'innovation. Vous avez totalement raison. C'est un des points de mon rapport dans les freins qui étaient très largement identifiés.

Ce sont, dans le bâtiment, les rénovations qui vont nous permettre de nous en sortir. Vous nous l'avez dit, on construit à peu près 1 % du parc tous les ans et on rénove à peine un peu plus.

On va très vite arriver à des situations impossibles avec les 12 millions de personnes qui sont précaires. J'ai fait une proposition à l'Assemblée nationale. On m'a un peu ri au nez à l'époque. En tout cas, ce n'est pas passé. On a la Caisse des dépôts et consignation. On a des fonds qui devraient initier le financement beaucoup plus rapide de ces rénovations, avec la récupération du bien au moment de la mutation. Il y a 850 000 mutations par an, c'est relativement simple. Le Crédit Foncier de France le fait seulement pour très peu de cas, c'est donc déjà possible au niveau de la loi.

On pourrait, pour arriver au résultat technologique, faire, en quelque sorte, un prêt viager hypothécaire. Le jeune va le rembourser mais il va tout de suite avoir l'avantage de la rénovation. On aura un avantage économique au niveau du pays et on va avoir quelqu'un qui va payer moins de charges. Il remboursera au bout du compte. La solution du financement est trouvée.

Les bonnes idées ne passent pas tout de suite. Elles vont peut-être passer un jour. J'ai été député pendant trente ans et j'ai remarqué que, de temps en temps, il faut pousser très longuement les dossiers pour qu'ils apparaissent.

Tout ce que vous avez dit sur les émissions polluantes, sur le bruit, sur la qualité de l'air, la qualité de l'air intérieur sont des choses importantes. Le véhicule demain sera électrique et connecté. À côté, il faut mettre d'autres filières en place, je pense au stockage de l'énergie.

Je n'oppose pas la mobilisation et les gestes quotidiens à l'innovation. Il faut favoriser des innovations de rupture. Je partage l'avis de l'un d'entre vous qui a dit : « *La Tesla, c'est fantastique, pourquoi est-ce que ce n'est pas nous qui l'avons faite ?* ». Sans doute parce que nous avons des systèmes d'incitation financière et de développement de l'innovation qui ont progressé grâce à la BPI mais qui ne sont pas encore aboutis.

La solution de Philippe Mauguin de stocker les carbones dans les sols représente aussi quelque chose de majeur.

Je terminerai en disant que, pour moi, cette audition a été très importante, comme toutes les auditions de l'Office. On travaille ensuite sur les lois. C'est-à-dire que l'on est dans la fabrique en amont de la loi et qu'après on essaie de faire passer des amendements.

Je suis d'accord avec Carlos Moedas quand il a dit, tout à l'heure, qu'il ne faut pas opposer la précaution à l'innovation. Je suis favorable au principe d'innovation sans toucher au principe de précaution. Le principe d'innovation a été voté à un moment donné dans un projet de loi mais n'a pas été retenu dans la loi pour je ne sais quelle raison, et l'on est revenu au texte initial.

Il faut continuer à se battre sur ces sujets. En tout cas, merci à toutes et à tous d'être venus. Grâce à vous, on a eu une belle audition aujourd'hui.

CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE PRÉSENTÉES AUX MEMBRE DE L'OPECST

M. Jean-Yves Le Déaut, député, président de l'OPECST. L'audition publique organisée par l'OPECST sur la mise en œuvre des décisions de la COP21 s'est inscrite dans le cadre d'une journée de réflexion consacrée à ce thème, qui a débuté le matin par un débat placé sous le haut patronage de M. Claude Bartolone, président de l'Assemblée nationale et qui a porté sur les aspects politiques des négociations climatiques, et sur le rôle des acteurs non étatiques.

L'OPECST, pour sa part, avait centré sa réflexion sur l'apport de l'innovation et de l'évaluation scientifique et technologique à la mise en œuvre des décisions de la COP21, autour de trois thématiques :

- la mise en œuvre par les États des engagements de soutien à l'innovation pris dans le cadre de la COP21, ainsi que les avancées attendues des ruptures technologiques dans l'Union européenne et les pays du Sud ;

- les progrès technologiques sectoriels envisagés dans les domaines de l'habitat, de la mobilité et de l'agriculture pour résoudre les problèmes liés au changement climatique ;

- l'implication et l'interaction des acteurs de la lutte contre le réchauffement climatique en faveur de solutions réalisables technologiquement et socialement acceptables.

Sont ainsi venues à l'Assemblée 300 personnes concernées. Les panels étaient de haut niveau, autour de Pascal Canfin le matin, Laurence Tubiana et le commissaire Moedas l'après-midi, tandis que Jean Jouzel, prix Nobel de la Paix en 2007 au titre du GIEC, envoyait, par vidéo interposée, un message à l'assistance.

Il en est découlé un constat général, que je déclinerai autour de cinq idées fortes :

1° constat, 1° idée : Dans le cadre d'une situation d'urgence, la COP21 a été un grand succès qui résulte d'un volontarisme diplomatique impressionnant qui devra marquer les négociations futures.

L'urgence est patente. Ne rien faire serait irresponsable. C'était la motivation principale des négociateurs de l'Accord de Paris, qui a aussi contribué à son succès.

Ce succès a été confirmé depuis un an. Le nombre de pays signataires est impressionnant. Le processus de ratification est bien engagé. Dès septembre, l'adhésion de la Chine et des États-Unis a entraîné un phénomène d'accélération. Ce phénomène s'est amplifié depuis lors, avec la décision de l'Inde de ratifier l'Accord.

Ces négociations sont symboliques de la manière dont les engagements pris à Paris pourront être mis en œuvre. Comme ils ne sont pas contraignants, il faut convaincre et trouver les solutions concrètes qui permettront de financer la transition énergétique nécessaire. Nous attendons maintenant la ratification de la Russie et des précisions sur la future position des États-Unis.

2° constat, 2° idée : L'élan créé à Paris et confirmé à Marrakech, malgré les résultats des élections présidentielles américaines, permet d'être raisonnablement optimiste, à condition toutefois que de nouvelles solutions soient trouvées et que les États fassent preuve d'une plus grande détermination.

Il est déjà acté que le règlement de l'Accord de Paris sera achevé en 2018 et non en 2020.

Il apparaît aussi que les promesses faites par l'Union européenne seront tenues. C'est l'opinion de Jean Jouzel qui estime que l'Europe atteindra l'objectif de réduction de ses émissions de - 20 % qu'elle s'est fixé pour 2020.

Hors de l'Europe, les États-Unis devraient atteindre leur engagement de réduction de leurs émissions à - 25 % en 2025. Le pic d'émissions chinois devrait quant à lui être atteint bien avant 2030.

Ces avancées ne doivent cependant pas nous empêcher d'être, au niveau européen, encore plus dynamiques et innovants. La manière dont l'Union européenne interviendra dans ce domaine peut, effectivement, avoir un effet d'entraînement très important. Jean Jouzel l'a clairement indiqué, ne disant que *« c'est le pays ou le bloc de pays – cela peut être l'Europe – qui prendra le leadership de la lutte contre le changement climatique qui sera en meilleure position, non seulement sur les aspects écologiques et les effets de serre, mais aussi sur les aspects économiques »*.

Pour le commissaire européen à la recherche, à la science et à l'innovation, Carlos Moedas, il est essentiel que l'Union européenne donne la direction, ce qu'elle compte faire en se centrant sur les énergies renouvelables, la mobilité électrique, la construction et le stockage. C'est important, car sans direction, le marché ira vers des énergies qui ont un coût plus important sur notre environnement et notre santé. C'est dans cet esprit qu'il faut rediriger les 100 milliards d'euros de subventions aujourd'hui accordées en Europe aux énergies fossiles. Il faut aussi que l'Union concilie les principes de précaution et d'innovation, et qu'elle change ses règlements, car la réglementation que nous avons faite dans le passé ne fonctionne plus aujourd'hui. Il faut enfin remettre le

citoyen au centre des décisions, d'autant plus que dans le monde numérique, l'innovation provient des signes émis par le citoyen, ce qui va avoir des implications considérables dans quatre secteurs : l'alimentation, la santé, l'énergie et l'eau.

3° constat, 3° idée : L'innovation est une clé essentielle pour réussir l'Accord de Paris, réussite qui reposera bien sûr sur des innovations incrémentales, mais aussi et surtout sur des ruptures technologiques, car les améliorations à la marge ne seront pas suffisantes.

L'innovation est essentielle pour atteindre l'objectif ambitieux de zéro émission en 2050 et pour faciliter l'évolution des engagements des États. Laurence Tubiana l'a rappelé, en indiquant que c'était cet engagement en faveur de l'innovation et de son financement qui avait permis de convaincre l'Inde de ratifier l'Accord de Paris. Les négociations reposant sur l'apport et le rôle de l'innovation ont permis de lever ses appréhensions. L'innovation apparaît comme une assurance, comme une garantie importante. Carlos Moedas a renforcé cet argument, en soulignant la nécessité d'orienter l'argent public vers les solutions innovantes permettant la diminution des émissions de carbone.

C'est un objectif fondamental, car à innovation constante, nous sommes actuellement sur une trajectoire de croissance de la température de 2,7 degrés et non de 2 degrés.

C'est grâce à l'apparition de ruptures technologiques que les États auront le courage, mais aussi la possibilité de s'engager davantage en faveur d'une action plus ambitieuse, lors des rendez-vous quinquennaux prévus par l'Accord.

C'est pourquoi la France a souhaité avec détermination inclure un article spécial dans l'Accord de Paris, l'article 10, consacré à l'innovation. Rappelons qu'il stipule qu'« il est essentiel d'accélérer, d'encourager et de permettre l'innovation pour une riposte mondiale efficace à long terme face aux changements climatiques et au service de la croissance économique et du développement durable »

Cette approche conforte le travail accompli par l'OPECST depuis de nombreuses années. Depuis cinq ans, l'OPECST réfléchit au rôle de l'innovation et à l'équilibre à trouver entre innovation et précaution, dans un esprit bipartisan, sous l'impulsion de Claude Birraux et de moi-même, à l'occasion d'un rapport sur l'innovation à l'épreuve des peurs et des risques, qui nous a conduits à rencontrer plus de mille personnes.

L'an dernier, l'OPECST a organisé une conférence internationale où se sont exprimés des responsables politiques et des responsables de structures d'évaluation technologique au service des parlements, venant de 17 pays. Cette conférence adoptait une trentaine de recommandations qui ont été transmises aux négociateurs de l'Accord de Paris, et qui ont contribué à la rédaction de son article 10.

4° constat, 4° idée : Plusieurs ruptures technologiques sont déjà engagées, qu'il s'agisse par exemple du stockage de l'électricité, de la captation du carbone, du développement des piles à hydrogène, de l'apparition de nouvelles batteries permettant une plus grande autonomie de véhicules électriques, ou de nouveaux types de biocarburants.

Ce sont ces innovations et nous l'espérons des ruptures technologiques maîtrisées qu'il faudra évaluer, faciliter, renforcer, financer sur le long terme. Ce sont elles qui permettront d'aboutir aux objectifs ambitieux définis à Paris et confirmés à Marrakech.

Ces ruptures technologiques nécessaires ne porteront pas seulement sur la manière de produire l'énergie dont nous aurons besoin. Elles concerneront aussi les usages. Ce sont elles qui permettront de dépasser les engagements financiers actuels, qui reposent largement sur une hypothèse d'environnement technologique constant.

Mme Valérie Masson-Delmotte parle, quant à elle, de ruptures de connaissances, consistant à mieux observer, à mieux comprendre les processus, à mieux comprendre les causes, à donner sens à ce qui est déjà observé, à être capable de prévoir les évolutions possibles pour différentes trajectoires socio-économiques, à court et long terme, de l'échelle globale à l'échelle locale. La rupture de connaissances est, selon elle, particulièrement urgente sur le carbone, le devenir du carbone et son extraction ; sur la compréhension des impacts du changement climatique sur les habitats pour les milieux naturels comme pour les sociétés humaines.

Ces innovations, ces ruptures technologiques, ou ces ruptures de connaissances, l'OPECST les pressent grâce aux études approfondies qu'elle mène sur des thématiques sectorielles : sur la politique de l'énergie en général, sur la rénovation de l'habitat, sur l'évolution des mobilités, sur l'avenir de l'agriculture.

5° constat, 5° idée : La réalisation d'objectifs ambitieux mais nécessaires en matière de climat suppose une appropriation collective de ces objectifs, conduisant à une modification des comportements et à une appropriation des nouveaux produits et services par les consommateurs,

Laurence Tubiana l'a souligné avec force : les objectifs définis à Paris ne seront réalisés que s'ils sont soutenus par des acteurs très différents : les entreprises privées, les collectivités locales, les organisations financières multilatérales, les acteurs de l'innovation.

Le rôle de la communauté scientifique sera essentiel pour définir une vision de l'avenir et pour faire comprendre l'apport de l'innovation et du rythme des changements. Les travaux du GIEC, sans lesquels l'accord de Paris n'aurait sans doute pas été possible, en sont un exemple frappant. Il faut lutter contre la

peur de l'inconnu qui risque de déboucher sur une paralysie des gouvernements et des décideurs.

Pour permettre l'avènement de ces nouvelles innovations et de ces nouvelles ruptures, l'OPECST est depuis longtemps convaincue que le dynamisme des organismes de recherche et des laboratoires de recherche industrielle est essentiel. Leur coordination, que les Alliances facilitent grandement dans notre pays, est un atout. L'OPECST qui doit se prononcer sur les grandes orientations de la politique de recherche, est très attachée aux liens particuliers qu'elle a tissés avec les Alliances et avec les Académies. Elle agit de même en faveur du rapprochement entre les sciences humaines et sociales et les technologies, car sans sciences humaines et sociales, il n'y a pas de réel développement technologique.

*

* *

En conclusion de ces débats très riches du 24 novembre, il apparaît nettement qu'il faudra poursuivre avec détermination les objectifs définis à Paris, et qu'il faudra être particulièrement attentif au soutien de l'innovation afin de permettre d'avènement de ces ruptures technologiques qui permettront la réalisation des objectifs proclamés.

EXTRAIT DE LA RÉUNION DE L'OPECST DU 22 FÉVRIER 2017 PRÉSENTANT LES CONCLUSIONS DE L'AUDITION PUBLIQUE

M. Jean-Yves Le Déaut, député, président. Le texte des conclusions de l'audition publique sur « *L'apport de l'innovation et de l'évaluation scientifique et technologique à la mise en œuvre des décisions de la COP21* » devait être transmis aux membres pour observation, après une tentative de présentation lors de la réunion du 13 décembre 2016.

Le texte a été transmis aux membres députés le 21 décembre, assorti d'une demande de retour avant le 13 janvier. Il n'a pas suscité de réaction.

A-t-il été soumis aux membres sénateurs, et peut-on considérer qu'il est approuvé par l'OPECST, ce qui permettra de l'adjointre au compte-rendu de cette réunion et d'assurer la publication des actes de cette audition publique ?

M. Bruno Sido, sénateur, premier vice-président. Les sénateurs ont pu en prendre connaissance et j'ai justement une remarque concernant le chiffre de cent milliards d'euros qui est mentionné dans ce document, et qui correspondrait au montant des subventions aujourd'hui accordées en Europe aux énergies fossiles. Je suis surpris par son ampleur, et je souhaiterais qu'on en vérifie la source. Il me semble qu'il correspond plutôt aux subventions accordées au niveau mondial, peut-être en considérant comme subvention une taxation moindre par rapport à un niveau de référence.

M. Gérard Bapt, député. Je m'interroge également sur ce montant de cent milliard d'euros.

M. Jean-Yves Le Déaut. Ce chiffre a été avancé au cours de l'audition publique par le commissaire européen Carlos Moedas. Nous pouvons reprendre contact avec les services de la commission européenne pour en obtenir confirmation, corriger au besoin en apportant les explications en note de bas de page, et publier les documents liés à cet échange en annexe du rapport (*cf.* Annexe 4). Sous cette réserve, peut-on considérer que l'OPECST donne son accord pour cette publication ? (*Assentiment général*)

ANNEXES

ANNEXE 1 :
CONTRIBUTION DE COÉNOVE SUR LE THÈME :
QUELS PROGRÈS TECHNOLOGIQUES SONT ENVISAGÉS DANS
LES CINQ ANNÉES À VENIR DANS LE DOMAINE DE L'HABITAT ?



Audition de l'OPECST du Jeudi 24 Novembre 2016

Contribution de Coénove sur le thème : Quels progrès technologiques sont envisagés dans les 5 années à venir dans le domaine de l'habitat ?

Par Bernard Aulagne, Président de Coénove

Pour Coénove, association qui regroupe des acteurs majeurs de la filière gaz engagés dans la transition énergétique, l'enjeu est d'importance, puisque, dans l'ensemble du parc de logements français, plus de 16 millions de résidences principales (sur un total de 28 millions) sont chauffés au gaz ou au fioul, dont plus de 12 millions pour le gaz.

L'innovation est essentielle pour rénover ce parc, diminuer les consommations d'énergie et par là même, réduire les émissions de gaz à effet de serre de ce secteur. Elle est donc au cœur des actions de la filière et s'articule autour de 4 axes :

- Le premier axe concerne l'énergie gaz elle-même, appelée à devenir progressivement renouvelable. La démarche est engagée : méthanisation pour la production de biométhane, power to gas pour la transformation de l'électricité excédentaire produite par les énergies renouvelables en hydrogène ou en méthane de synthèse, avec, dans les deux cas, réinjection dans le réseau de gaz existant sur l'ensemble du territoire.

Les trois autres axes concernant les technologies d'utilisation du gaz et les innovations portent sur :

- L'amélioration de la performance des produits (rendement),
- Le couplage avec les énergies renouvelables,
- La production décentralisée d'électricité.

Quelques jalons concrets en termes de produits :

- Il convient tout d'abord d'insister sur l'importance de l'accélération du développement des chaudières individuelles à condensation qui ne représentent encore aujourd'hui que 20% du parc de chaudières individuelles gaz. Les nouveaux modèles, couplés à une gestion active de l'installation (régulation intelligente, auto-apprenante, pièce par pièce, commandable à distance ...) et, lorsque la configuration du logement le permet, à des travaux d'isolation accessibles, permettent de réduire de plus de 35 % les consommations d'énergie. Il est donc primordial d'en maintenir le soutien.
- Concernant le couplage avec les EnR, au-delà du classique couplage avec le solaire thermique, développement de la chaudière hybride (dans un même habitacle, association d'une petite PAC et d'une chaudière à condensation couplées à une régulation fine permettant de tirer le meilleur parti de chaque technologie) et, dans le collectif, de la PAC Gaz.
- Concernant la production décentralisée d'électricité, microcogénération et piles à combustible sont d'ores et déjà proposés en France par quelques fabricants et les premières expérimentations sont satisfaisantes.

Verdissement progressif du gaz et innovations technologiques sont donc deux axes majeurs de contribution de la filière gaz à la réussite de la transition énergétique dans le bâtiment.

**ANNEXE 2 :
CONTRIBUTION DU GIMÉLEC SUR LE THÈME :
LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE COMME FREIN À L'ATTEINTE
DES OBJECTIFS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE POUR
LA CROISSANCE VERTE**



La réglementation thermique comme frein à l'atteinte des objectifs de la transition énergétique pour la croissance verte

Analyse et propositions conjointes des syndicats Gimélec et Ignès

Malgré les avancées de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte concernant le développement des ENR, des réseaux électriques intelligents et du droit à l'expérimentation dans les territoires, les réglementations concernant la construction et la rénovation énergétique de bâtiments n'apportent **aucune mise en cohérence entre les réponses aux problématiques amont et aval compteur, les bâtiments étant pourtant de fait au cœur du système énergétique, étant aujourd'hui des points de consommations et demain également des points de production.**

Aujourd'hui encore, et malgré les maigres révisions apportées aux textes (réglementations thermiques dans l'existant notamment), les règles de la rénovation énergétique aujourd'hui peuvent se résumer ainsi : un équipement/élément doit être remplacé par un équipement/élément de performance supérieure. Les exigences minimales sont fixées pour chaque usage (chauffage, ventilation, éclairage, ...) indépendamment des autres. **Ainsi, nous n'avons encore :**

- **Aucune approche transverse de l'énergie**
- **Aucune intelligence dans la gestion des systèmes et des équipements**
- **Aucun outil pour optimiser l'exploitation/maintenance des bâtiments.**

Malgré la loi relative à la transition énergétique qui introduit la gestion active de l'énergie dans les actions de rénovation, la DHUP n'a toujours pas prévu la transposition de cette exigence dans la réglementation thermique.

Pour les bâtiments résidentiels (individuel et collectif), l'étude réalisée par le CSTB et Carbone 4 en 2014 a mis en évidence que la **gestion d'un système de chauffage** (régulation et programmation) permet à elle seule **des économies d'énergie de l'ordre de 10%** avec des temps de retour sur investissement courts. **Ces gains peuvent atteindre 25% par une combinaison de travaux couplant la gestion active et isolation** (isolation des combles en maison individuelle ou isolation par l'extérieur en collectif). Cette combinaison permet de réduire significativement les temps de retour sur investissement des travaux d'isolation en passant d'un TRI de 15 à 20 ans (isolation seule) à une TRI de 12 à 16 ans (combinaison isolation + gestion active).

Pour les bâtiments tertiaires : **le temps de retour sur investissement moyen est estimé entre 3 et 13 ans** selon l'étude « L'efficacité énergétique - Levier de la transition énergétique »¹ du Gimélec, Ignès, FFIE, FGME et SERCE.

Ce constat illustre le retard flagrant du secteur du bâtiment au regard des innovations numériques qui se déploient par exemple dans le secteur industriel dans le cadre du programme pour l'industrie du futur. Les freins ont pourtant déjà été parfaitement identifiés. En effet, le rapport de l'OPECST de 2014² et la récente étude du CSTB de 2016 sur commande de la DHUP³ rappellent les limites du moteur de calcul de la réglementation thermique :

- **Impossible de valoriser la gestion active pièce par pièce des apports énergétiques,**
- **Impossible de valoriser une gestion dynamique et fine de l'énergie à cause des scénarios d'occupation conventionnels en donnée d'entrée du moteur de calcul.**

¹ http://www.gimelec.fr/index.php/content/download/926/7772/version/11/file/Merit_Order_20121210-2012-00809-01-E.pdf

² Les freins réglementaires à l'innovation en matière d'économies d'énergie dans le bâtiment : le besoin d'une thérapie de choc, rapport de l'OPECST.

³ Amélioration de la prise en compte de la gestion active dans la réglementation thermique

En conclusion, nous pouvons dire que le monde de l'énergie bouge (fin des TRV, développement des smartgrids, de l'autoconsommation, des boucles locales) ... mais le bâtiment stagne : **rien n'est prévu pour que la rénovation prépare les bâtiments à ces évolutions profondes.**

Propositions conjointes portées par les syndicats Ignes et Gimélec

A. Pour la rénovation de bâtiments existants : chapitre additionnel pour intégration dans le code de la construction et de l'habitation

« Contrôle et gestion active de l'énergie »

Article XX : Bâtiments à usage d'habitation

Les bâtiments résidentiels sont équipés de systèmes permettant de mesurer la consommation d'énergie de chaque logement, excepté pour les consommations des systèmes individuels au bois en maison individuelle ou accolée.

Ces systèmes permettent d'informer les occupants de leur consommation d'énergie. Cette information est délivrée dans le volume habitable, par type d'énergie, a minima selon la répartition suivante :

- chauffage éventuellement confondu avec la production d'eau chaude sanitaire dans le cas où le générateur est commun ;
- refroidissement ;
- production d'eau chaude sanitaire dans le cas où celle-ci est distincte du générateur de chauffage ;
- réseau prises électriques ;
- autres.

En cas de production de chauffage ou d'eau chaude sanitaire par des appareils à combustion ou de système thermodynamique et si l'information de consommation issue de ces appareils n'est pas disponible, les consommations de chauffage ou d'eau chaude sanitaire peuvent être estimées.

En cas de production collective d'énergie, on entend par énergie consommée par le logement la part de la consommation totale d'énergie dédiée à ce logement selon une clé de répartition à définir par le maître d'ouvrage lors de la réalisation du bâtiment.

Cette répartition peut être basée soit sur des données mesurées, soit sur des données estimées à partir d'un paramétrage préalablement défini.

Les travaux de rénovation doivent inclure en outre l'installation d'équipements de contrôle et de gestion active de l'énergie permettant de commander, en fonction de l'occupation, de la température intérieure, de la qualité d'air intérieur et du niveau de confort souhaité, les dispositifs de régulation des systèmes pour ajuster les apports énergétiques de chauffage, de refroidissement ou les débits de ventilation dans chaque logement et commander, en fonction de l'occupation et des besoins, les apports d'éclairage dans chaque local.

Toutefois, ces dispositions ne s'appliquent pas lorsque :

- le bâtiment ou ses équipements sont déjà munis des dispositifs mentionnés,
- lorsque l'installation de ces dispositifs n'est pas réalisable techniquement ou juridiquement ou
- lorsqu'il existe une disproportion manifeste entre leurs avantages et leurs inconvénients de nature technique ou économique.

Article YY : Bâtiments à usage autre que d'habitation

Les bâtiments sont équipés de dispositifs permettant les mesures des consommations d'énergie et d'un dispositif de gestion centralisée permettant de relever ces mesures et de piloter les systèmes à distance.

Le dispositif de gestion centralisée permet de :

- Transmettre les informations de consommation à l'exploitant du site,
- Commander, en fonction de l'occupation, de la température intérieure, de la qualité d'air intérieur et du niveau de confort souhaité, les dispositifs de régulation des systèmes pour ajuster les apports énergétiques de chauffage, de refroidissement ou les débits de ventilation dans chaque local desservi,
- Commander, en fonction de l'occupation et des besoins, l'éclairage des locaux

Le dispositif de gestion centralisée peut assurer l'analyse des informations externes, notamment les informations de tarification de l'électricité, pour assurer les fonctions de flexibilité et d'optimisation des charges.

Toutefois, ces dispositions ne s'appliquent pas lorsque :

- le bâtiment ou ses équipements sont déjà munis des dispositifs mentionnés,
- lorsque l'installation de ces dispositifs n'est pas réalisable techniquement ou juridiquement ou
- lorsqu'il existe une disproportion manifeste entre leurs avantages et leurs inconvénients de nature technique ou économique.

»

B. Pour la construction de bâtiments neufs : mise en place d'un label incitatif autour de la notion de « BEPOS ready » (proposition transmise dans le cadre de la concertation PEBN)

Vision fonctionnelle et qualitative du BEPOS, évaluable à la livraison du bâtiment (notion de « BEPOS ready ») donc pertinente à l'échelle de l'étiquette environnementale, selon les trois principes suivants :

- Neutralité complète entre les technologies,
- Renforcement des énergies renouvelables produite in situ,
- Gestion active de l'énergie, transverse à tous les usages, assurée par une obligation de moyens.

S'agissant d'électricité renouvelable, un bâtiment BEPOS doit être capable d'adapter sa consommation à la disponibilité des ressources locales en énergie : consommer, stocker ou mutualiser lorsque la production ENR locale est importante et réduire sa consommation ou consommer l'énergie préalablement stockée quand elle l'est moins. Ainsi le bâtiment maximise le taux d'autosuffisance énergétique en limitant les appels de puissance sur le réseau (priorité à l'autoconsommation et éventuellement à l'électricité stockée localement en aval du compteur). Cela permet une intégration facilitée des énergies renouvelables grâce à une gestion flexible et *in situ* de la variabilité de leur production par une adaptation dynamique des charges. Les systèmes de gestion active apportent l'intelligence indispensable pour assurer cette flexibilité.

Pour atteindre tous ces bénéfices dans un BEPOS, les flux d'électricité et les équipements dans le bâtiment doivent être gérés de façon intelligente. Les systèmes de gestion active sont ainsi indispensables pour assurer cette flexibilité électrique du BEPOS, en adaptant les consommations, c'est-à-dire en pilotant la consommation des équipements, en gérant l'approvisionnement électrique des appareils (électricité autoproduite, électricité préalablement stockée, électricité du réseau) en fonction des informations nécessaires (tarif fournisseur en temps réel, niveau de production en temps réel, disponibilité du stockage, météo, etc.).

**ANNEXE 3 :
CONTRIBUTION D'IGNES SUR LE THÈME :
RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS**



Contribution Iignes pour l'OPECST

Rénovation énergétique des logements

Le DPE : évolution de la méthode de calcul

9 décembre 2016

Le secteur résidentiel en France concentre les 2/3 de la consommation en énergie finale du bâtiment et plus du quart des émissions de gaz à effet de serre. Cela représente 34 millions de logements dont **29 millions ont plus de 15 ans**. Une enquête récente de l'ADEME¹ (étude OPEN) montre qu'en 2014, plus de 3,5 millions de rénovations de logements ont été achevées dont seulement **288 000 rénovations dites performantes ou très performantes** (soit des actions correspondant aux niveaux des aides financières type crédit d'impôt ou éco-PTZ).

Contrairement à la RT2012 pour le neuf, la réglementation thermique dans l'existant reste peu ou pas appliquée et cela se confirme plus particulièrement dans les logements. En revanche, le DPE ou Diagnostic de Performance Energétique, est aujourd'hui un outil connu et largement utilisé par les usagers.

Cette même étude Ademe précise que : « près de 30 % des logements qui ont bénéficié de travaux de rénovation ont fait l'objet d'un Diagnostic de Performance Energétique. Auprès de ces foyers, le DPE a clairement eu un effet incitatif puisque 70 % des ménages ayant lu les recommandations indiquées ont fait des travaux suite à cela, et 41 % des ménages n'ayant pas fait ou pas fini ces travaux recommandés ont l'intention de le faire sous 2 ans ».

Cependant, la méthode de calcul associée au DPE (dont la méthode appelée 3CL-DPE définie dans l'arrêté du 9 novembre 2006) n'a pas été revue depuis plusieurs années, la dernière révision datant de 2012. Toutefois, les technologies ont évolué tout particulièrement dans les équipements techniques et les systèmes de gestion active de l'énergie (régulation et programmation du chauffage, de l'éclairage, des occultations, affichage des consommations, ...). Les évolutions technologiques des produits se sont accélérées ces dernières années, mais la méthode de calcul est restée figée sur des valeurs de performance qui sont en profond décalage avec la réalité des systèmes actuels.

¹ Etude ADEME : campagne 2015 OPEN (Observatoire Permanent de l'amélioration Energétique du logement) – travaux achevés en 2014

Selon l'étude CSTB/Carbone 4 de 2014², le pilotage de l'énergie permet de réduire jusqu'à 20% des consommations de chauffage dans les logements (cf tableau ci-dessous) avec des temps de retour sur investissement courts.

Fonction	Situation de départ	Description solution	Gains sur les consommations de chauffage	
			Maison Individuelle	Logement Collectif
Gestion du chauffage	<u>Cas électrique:</u> Régulation standard et sans programmation (logement) ou programmation horaire (bureau)	Programmation (optimiseur) + régulation performante par pièce	13%	12%
	<u>Cas eau chaude:</u> Programmation sans régulation	Régulation performante par pièce	17%	17%
	<u>Cas eau chaude:</u> Programmation avec régulation standard	Régulation performante par pièce	8%	8%

Source : Etude CSTB/Carbone 4 - Synthèse de l'évaluation des impacts sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments des fonctions de contrôle (rapport CSTB)

Couplées à l'isolation, l'étude CSTB/Carbone 4 précise que les économies peuvent atteindre 15 à 30%. Cette combinaison permet de réduire significativement les temps de retour sur investissement des travaux d'isolation en passant d'un TRI de 15 à 20 ans (isolation seule) à une TRI de 12 à 16 ans (combinaison isolation + gestion active).

Il semble important de **lancer la révision du DPE et plus précisément sa méthode de calcul**. Cela permettra notamment à la France de transposer pleinement la Directive Performance Energétique des Bâtiments et d'appliquer la méthode DPE usuelle pour les bâtiments d'avant 1948. Ce chantier pourra être l'occasion de réviser en profondeur la méthode de calcul du DPE.

Ignes a d'ores et déjà étudié le sujet et lancé plusieurs études de cas avec le **Bureau d'étude Tribu Energie**, propriétaire de la méthode 3CL-DPE. Plusieurs améliorations des systèmes de pilotage ont été mis en évidence : rendements de régulation des émetteurs, facteurs d'intermittence des systèmes de régulation (avec détection de présence, avec détection d'ouverture de fenêtres), gestion des volets et enfin prise en compte de l'affichage des consommations. La combinaison de ces différents paramètres peut, en maison individuelle par exemple, aboutir à un changement de classe énergétique.

Par ailleurs, le DPE peut être un élément de **valorisation d'un bien immobilier**. C'est la raison pour laquelle, il doit être cohérent avec l'état réel du bien. Sans cette évolution proposée, le DPE créera,

² Solutions d'efficacité active et complémentarité des solutions actives passives – CSTB/Carbone 4 - 2014

de facto, un biais et une distorsion sur le marché de l'immobilier entre les particuliers qui ont fait des opérations d'amélioration de la performance énergétique de leur logement, mais qui, bien qu'étant à la pointe de la technologie, ne sont pas prises en considération par le moteur de calcul du DPE, et ceux dont les opérations sont reconnues, bien que moins performantes en réalité.

Aujourd'hui, le dispositif du DPE lancé en 2006, reste placé au cœur des politiques publiques de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Pour continuer à être un outil performant et un élément de valorisation du bâti, la méthode de calcul nécessite d'être révisée. IGNES est prêt à apporter son expertise dans le cadre des travaux à venir.

**ANNEXE 4 :
NOTE DE LA COMMISSION EUROPÉENNE DE MARS 2015 SUR
LES SUBVENTIONS ACCORDÉES AUX ÉNERGIES FOSSILES
EN EUROPE**



ECFIN *Economic Brief*

ECONOMIC ANALYSIS FROM EUROPEAN COMMISSION'S DIRECTORATE GENERAL FOR ECONOMIC AND FINANCIAL AFFAIRS

Measuring Fossil Fuel Subsidies

By Ambrus Bárány and Dalia Grigonytė

1. Introduction

Over the past few years fossil fuel subsidies (FFS) have received increasing attention. International organisations such as the OECD, the IMF, the IEA and the World Bank are estimating the magnitude of government subsidies to fossil fuel consumption and production, and are researching the economic and social effects of FFS reform. Their research suggests that the removal of FFSs is beneficial in a number of ways: it reduces the budget deficit; leads to a more efficient allocation of resources and thus increases long run economic growth potential. It also acts to reduce fossil fuel consumption, leading to lower global CO₂-emissions and climate change mitigation. These arguments - along with domestic economic and fiscal problems in the aftermath of the financial crisis - have convinced governments to initiate often unpopular FFS reforms.

Global leaders are also showing increasing support for reform. Barack Obama has repeatedly called for a phase-out of FFSs in his state-of-the-

union addresses. Jim Kim, the President of the World Bank urged governments to remove global subsidies of USD 1.9 trillion, and redirect funds to fight climate change. The Commission President Jean-Claude Juncker also made clear his commitment to increase energy efficiency and to reduce fossil fuel import reliance in the European Union in his 2014 political guidelines for the next European Commission¹. Reforming FFSs would be a means of achieving this goal.

At the 2009 summit in Pittsburgh G20 countries committed to "rationalise and phase out over the medium term inefficient FFSs that encourage wasteful consumption" (IEA et al., 2010, p.5). Even though many countries agree that phasing-out FFSs would be useful for their economies and the environment over the medium-term, reform is only slowly gaining ground. The peer review process

Summary

The current environment of low energy prices offers a window of opportunity to reform fossil fuel subsidies (FFSs). Carefully prepared FFS reforms could lead to more robust fiscal positions and contribute to potential growth through a reduction in economic distortions and the mitigation of climate change due to lower CO₂-emissions. While advanced economies have mostly phased out generalised consumer FFSs, these are still prevalent in the developing world. However another type of subsidisation, i.e. the under-taxation of fossil fuels relative to economically optimal levels, is widespread in developed and developing countries alike. The G20 effort to advance FFS reform suffers from the lack of an established definition of what constitutes a subsidy, which makes the assessment of public support and cross-country comparison very difficult. Based on the different available methodologies, this Economic Brief aims at shedding some light on the magnitude and allocation of subsidies across fossil fuels and across regions.

¹ See European Commission (2014).

of G20 countries could be a powerful tool to advance FFS reform, but it suffers from the lack of an established definition of subsidies which makes the assessment of public support and cross-country comparison very difficult. In the annual reporting exercise each country decides what sort of public support they consider as inefficient FFS and want to report to the group. The large drop in the price of oil through the second half of 2014 could provide a window of opportunity for governments to press ahead with FFS reform.

The aim of this paper is to shed more light on existing FFSs, taking account of different forms of public interventions and different types of fossil fuels. The paper is structured as follows. Section 2 gives a general introduction to fossil fuel subsidies, explaining their basic economic effects, discussing the motivation for having FFSs and the arguments for removing them. It describes in detail the sources of data on FFS, along with the methodologies employed by the IEA, the IMF and the OECD to estimate them and presents the main FFS estimates. Section 3 moves on to discuss the allocation of subsidies across different fossil fuels and regions. Section 4 presents IEA and IMF estimates for the largest world countries and regions, along with recent efforts to reform fossil fuel subsidisation. Section 5 concludes this Economic Brief.

2. An economic overview of fossil fuel subsidies

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) defines a subsidy as "any measure that keeps prices for consumers below market levels, or for producers above market levels or that reduces costs for consumers or producers" (OECD, 2005, p.114). The majority of FFSs affect the end user price and the quantity of fossil fuels used, through their impact on the demand and supply of different fossil fuels.² Consumer subsidies keep prices below market level and raise the demand for fossil fuels, while subsidies to producers reduce their costs of production and encourage them to increase output. The quantity used increases in both cases, and in general both consumers and producers benefit from a subsidy, as consumers pay less for fossil fuels while producers receive a higher price than they would under market conditions. The incidence of the subsidy, i.e. the actual shares captured by producers and consumers depends on the demand and supply elasticities of the particular fossil fuel market.

² There are some subsidies that do not affect the current production or consumption of fossil fuels, such as R&D support for fossil fuel exploration. These subsidies (termed General Services Support Measures by the OECD) are discussed later on in this report.

2.1. What is the motivation for having fossil fuel subsidies?

In addition to their impact on the price and quantity of fossil fuels used, subsidies also have effects on the environment, on employment, and on other factors of the economy. The main motivation for subsidising fossil fuels in most countries is a social one, as access to basic energy services raises the living standards of the poor. Affordable modern energy services can also promote general economic development; for example cheap energy is a comparative advantage for energy-intensive manufacturing industries. Fossil fuel consumption subsidies are also seen as a way to share natural resource wealth with the population in energy producing countries. Production subsidies are meant to boost domestic energy supply (thought of as strategically important by many countries) and thus reduce import dependence. In some European countries specifically, subsidies to coal are meant to maintain regional and sector-specific employment, and to make the decline of an industry more gradual. While all these goals seem worth government support, energy subsidies in general have not been successful at delivering them. At the same time, energy subsidies promote the wasteful use of resources and harm the economy and the environment in a number of ways.

2.2. The motivation for removing fossil fuel subsidies: their adverse effects

The main motivation for the phasing out of FFSs is that they are very costly to taxpayers, crowd out high-priority government expenditure and do not necessarily benefit the target group. FFSs often fail to achieve their most important policy objective, i.e. instead of supporting the poorest segment of society, consumption subsidies work in a regressive way, as most of the benefits are captured by the richest households. For instance, in Egypt, the lowest income quintile captured only 1% of diesel consumption subsidies, while the richest 20% reaped over 70% of the benefits (Sab, 2014). This regressive feature of fossil fuel subsidisation is also intuitive since the wealthiest households are also the largest residential consumers of energy. However, it is also true that the poor spend a much larger share of their income on fossil fuels than the rich. This means that even though the poor benefit less from FFSs in absolute values, they still might be disproportionately affected by the phasing out of subsidies (IEA et al., 2014). This adverse impact on the poor can be eliminated or at least mitigated by well-targeted income support measures aimed at the most vulnerable households.

FFSs are not only fiscally costly and inequitable, they are also economically inefficient. They distort market

price signals, and thus investment and consumption decisions, leading to an inefficient allocation of resources and lower economic growth in the long run. In the absence of subsidies, net importing countries would lower their demand for fossil fuels, which would reduce import dependence and improve their trade balance at the same time. Economic actors would be more inclined to invest in alternative energy sources and better technologies, increasing the energy efficiency and decreasing the energy intensity of these economies. In net exporting countries the removal of subsidies would decrease wasteful consumption at home and boost export capacity. Fossil fuel consumption subsidies are also considered to discourage private investment in the energy sector, thus reducing economic growth (IEA et al, 2010). A removal of FFSs could raise the potential for economic growth in the long run. However, both the exact extent of the increase in long-term output and the development of the transition process to the new equilibrium are uncertain.³ These depend on a number of variables, such as: (1) whether the country undertaking reforms is an importer or exporter of energy; (2) how many countries decide to remove fossil fuel subsidies at the same time, i.e., whether the removal is unilateral or multilateral (a multilateral removal would likely have a large impact on global fossil fuel demand and thus on fossil fuel prices, leading to terms-of-trade effects)⁴; (3) the extent and structure of FF subsidisation in the country prior to removal; (4) the importance of energy inputs in industrial output, the reliance of industry on subsidised energy, and the size of the energy-intensive manufacturing sector; (5) substitutability of energy for households and industrial consumers; and most importantly: (6) how the money saved through FFS removal is spent by the government (is it spent on growth-enhancing investment, or used to pay for cash transfers to the electorate).

Another economic inefficiency caused by fossil fuel subsidisation is the increased volatility of world energy prices. Many countries that heavily subsidise fossil fuel consumption employ fixed price regimes for electricity, natural gas, petroleum and petroleum products (diesel, gasoline, LPG, kerosene). Set prices are only seldom reviewed; therefore a sudden and pronounced increase in the world price for a fossil fuel doesn't usually translate into an increase in domestic prices in these countries. As governments shield

the domestic economy from hikes in fossil fuel prices, companies and consumers do not have any incentive to change or adjust their fossil fuel consumption during periods of high prices.⁵ Therefore a significant part of the global demand (for crude oil, for example), does not react to changes in international crude oil prices. This means that if there is a disruption on the supply side, prices need to undergo a strong adjustment until the world market reaches a new equilibrium. In this way fixed price regimes with high fossil fuel consumption subsidies contribute to more volatile energy prices globally. A removal of FFSs, and a move from fixed price regimes towards market-based pricing mechanisms for fossil fuels would contribute to reducing the volatility of global energy prices.

FFSs act to reduce the end user price and increase the consumption of fossil fuels, thus having **an adverse effect on the environment and accelerating climate change.** Studies by the IMF suggest that the complete elimination of FFSs would decrease global CO₂-emissions by 15-23% (Parry et al., 2014 and Clements et al., 2013). A reduction in emissions of such magnitude could make a significant contribution to meeting global targets on climate change.

2.3. How are fossil fuel subsidies measured?

Three international organisations (the IEA, the IMF and the OECD) collect data on fossil fuel subsidies in a systematic way, albeit with different methodologies. The International Energy Agency (IEA) provides estimates annually of consumer FFSs for 40 developing countries, including the world's top subsidisers.⁶ They are calculated using the price-gap approach, that is, based on the differential between the end user price of a specific fossil fuel and a reference price (the international market price adjusted for transport and distribution costs) of the same fuel. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) uses a completely different, inventory based approach to estimate the value of FFSs in its member states.⁷ This method identifies all government measures (subsidies and tax breaks) that support fossil fuel production or consumption, and calculates and adds up the value of all these measures based on the government's budget. The International Monetary Fund's (IMF) study provides the most comprehensive pre-tax and

³ FFS removal can have negative transitory effects on the economy in the short to medium term due to job losses in the energy sector, higher inflation and lower disposable income. Hence, an important part of FFS reform is to ensure measures counterbalancing these negative effects and making the transition process gradual and sustainable. Clements et al. (2013) offers a broad overview of FFS reform strategies in various countries.

⁴ In the case of a multilateral removal of FFSs, energy prices are expected to fall significantly due to the fall in global demand. This has negative terms-of-trade effects on energy exporting countries. For more information, see IEA et al. (2010).

⁵ This offers an explanation to why global oil demand remained so resilient to the oil price hike of 2008 for example: a number of countries didn't adjust their consumption in any way to higher global crude oil prices.

⁶ The estimates are published yearly in the World Energy Outlook (WEO).

⁷ The OECD's newest estimates are published in its study, the Inventory of Estimated Budgetary Support and Tax Expenditures for Fossil Fuels (2013). This is an updated version of an earlier report.

post-tax subsidy estimates for 176 countries.⁸ Pre-tax subsidies are mostly based on the price-gap approach, and are therefore similar to IEA estimates (although for some OECD countries, producer subsidies are also included). Post-tax subsidies include the negative externalities associated with the use of fossil fuels (that are not internalised through corrective environmental taxes by the government), such as local air pollution, faster climate change and congestion.⁹ For a more detailed discussion of methodologies of the IEA, the IMF and the OECD, and for a critical review of these approaches, please see Box 1.

2.4. Estimates of global fossil fuel subsidies

The IEA estimates that FFSs in 2013 totalled USD 548 billion, or 5% of the total GDP of the 40 countries included in the analysis (IEA, 2014).¹⁰ The OECD estimates that in the 2005-2011 period an annual average of USD 55-90 billion was spent on fossil fuel (production and consumption) subsidies in its member states (OECD, 2013). This is much lower than the IEA's estimate, but understandably so: governments in developed countries don't set fossil fuel prices (as do some in developing countries), and use sophisticated methods to subsidise fossil fuel production and consumption to a much lesser extent than the countries included in the IEA's analysis. The IMF's estimate for global pre-tax subsidies in 2011 totalled USD 492 billion (or 0.7% of global GDP at the time), relatively close to the IEA's estimate of USD 523 billion for the same year (IEA, 2012). The IMF estimates that global post-tax subsidies amounted to USD

2.0 trillion in 2011, representing 2.9% of global GDP or approximately 8.5% of worldwide government revenue (Clements et al., 2013). Thus the value of the negative externalities associated with the use of fossil fuels is roughly three times as high as actual government support for fossil fuels.

BOX 1: The Methodological issues of measuring fossil fuel subsidies

The IEA

The International Energy Agency defines an energy subsidy as "any government action directed primarily at the energy sector that lowers the cost of energy production, raises the price received by energy producers or lowers the price paid by energy consumers" (IEA, 2014, p. 315). The price-gap approach is used by the IEA to estimate fossil fuel consumption subsidies for developing countries. This approach looks at the difference between a reference price and the price paid by end users. If this difference is positive, the particular fossil fuel is subsidised. The reference price is equal to the import parity price (the price of the fossil fuel at the nearest international hub, with transport and distribution costs and the VAT added) for fossil fuel importing countries, while it equals the export parity price (the price of the fossil fuel at the nearest international hub, minus transport and distribution costs and the VAT) for exporters. Many energy exporting countries and the Organisation of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) disagree with this methodology. According to their view, the reference price for an energy exporting country should be the cost of production of the fossil fuel, and not the international market price (IEA et al., 2010). According to economic theory however, the legitimate reference price is equal to the export parity price for OPEC members, as these countries are making implicit losses (or not realizing implicit profits) on each barrel of oil that is not exported.

The OECD

The OECD defines a subsidy as "any measure that keeps prices for consumers below market levels, or for producers above market levels or that reduces costs for consumers or producers" (OECD, 2005, p.114). Even though this is in line with the IEA's definition, the OECD takes a different approach to estimate the extent of consumption and production subsidies together in its member states, using a "broad concept of support that encompasses direct budgetary transfers and tax expenditures that provide a benefit or preference for fossil-fuel production or consumption, either in absolute terms or relative to other activities or products." In other words, the OECD aims to measure all FFSs that are explicitly included in the general government budget. In its Inventory, the OECD analysed over 550 government measures that can be considered fossil fuel subsidisation. The 2010 Joint Report of the IEA, the OECD, and the World Bank distinguishes seven basic types of FFSs, based on the official type of government intervention. These seven types are as follows: (1) trade instruments such as tariffs; (2) regulations such as price controls that result in consumer prices being below market level; (3) tax breaks either for consumers or producers of fossil fuels; (4) credit to fossil fuel producers; (5) direct financial transfer either to reduce end user prices or to lower the costs of producers; (6) risk transfer such as loan guarantees; (7) energy-related services provided by the government at less than full cost.

The IMF

⁸ Available in the IMF publication "Energy Subsidy Reform: Lessons and Implications" (2013).

⁹ Post-tax subsidies include more than just negative externalities: they include any sort of preferential tax treatment of fossil fuels, be it a lower rate of taxation of energy than of other consumer products, or the lack of corrective taxation to account for the external costs of fossil fuel use. For more detail, refer to Box 1.

¹⁰ The IEA's newest 2014 World Energy Outlook report identified 40 countries that support fossil fuel consumption, i.e., in these countries the price of fossil fuels for end users is below the international market price (adjusted for transport and distribution costs), or below the costs of production for electricity. The governments in these countries set fix prices for fossil fuels. The 40 countries include almost all Middle Eastern (especially Gulf) and Central Asian (CIS) countries, most North African economies and some countries from the Sub-Saharan Africa region (Nigeria, Ghana). They also include many of the developing economies of Eastern and South-East Asia, notably China, India, Indonesia, and some South American countries (Venezuela and Ecuador). Advanced economies (with the exception of South Korea and Taiwan) are not identified as fossil fuel subsidisers, as developed countries don't employ fix price regimes to set fossil fuel prices below market levels for their entire populations. Their sophisticated measures of fossil fuel subsidisation are not captured by the IEA's methodology, see Box 1 for details. For more information on which countries the IEA includes in its analysis, and for detailed estimates, visit www.iea.org/subsidy.

The International Monetary Fund (IMF) distinguishes producer and consumer subsidies to energy. "Consumer subsidies arise when the prices paid by consumers, including both firms (intermediate consumption) and households (final consumption), are below supply costs, including transport and distribution costs. Producer subsidies arise when prices are above this level" (Clements et al., 2013, p.5). The benchmark price is the international market price - adjusted for transportation and distribution costs - for internationally traded products - while it equals the cost-recovery price for energy products that are not internationally traded. The IMF further distinguishes pre-tax subsidies and tax subsidies for fossil fuel consumption. Pre-tax subsidies are defined in a similar way to the IEA's approach to subsidies, i.e. the difference between the opportunity cost of supplying a consumer with fossil fuel (the international market price) and the price paid by the end user. The tax subsidy is the difference between the efficient level and the actual level of taxation for a given fossil fuel. The efficient level of taxation means first that the tax controls for the externalities associated with the use of the fossil fuel such as pollution and its effects on health, environmental costs, congestion, all of which reduce overall welfare but are not taken into account by the user of the fossil fuel. This approach has a direct consequence for assessing post-tax subsidies for coal which is the most polluting fossil fuel, hence the negative externalities associated with the use of coal are by far the largest. Second, efficient taxation implies that fossil fuels are taxed the same way as other consumer products. Intuitively, the sum of pre-tax and tax subsidies is equal to the overall subsidy to the particular fossil fuel, called the post-tax subsidy. While pre-tax subsidies have mostly been phased out in the developed world, they are still common in developing countries. Tax subsidies are prevalent in both developed countries and emerging economies.

While the IMF provides the most comprehensive source of data for FFSs; some estimates are still missing from the study, as subsidies are not estimated for each country or for each fossil fuel. Petroleum subsidies are estimated most thoroughly for all 176 countries included in the analysis, using the price-gap approach, with production subsidies included for some OECD countries. Natural gas and coal subsidies are estimated for only 56 countries (with production subsidies to coal included for some OECD countries). Subsidies to electricity are estimated for 77 countries using multiple approaches and multiple data sources.

Comparison of the different methodologies

The IMF approach is unique in the sense that it considers the inefficient taxation of fossil fuels as subsidisation. Thus the government's failure to deal with a market failure (such as the negative externalities associated with fossil fuel consumption) is itself a form of subsidisation according to the IMF. This approach is the most logical economically, as inefficient taxation (either not taxing fossil fuels enough to control for negative externalities, or taxing energy differently than other consumer products) is just a hidden subsidisation of fossil fuels. As the IMF concept of FFS is broader than that of the IEA or the OECD, the IMF estimates tend to be higher than the estimates of the other two organisations.¹¹

The price-gap approach (as used by the IEA) does not require an inventory of the different types of government interventions. Instead, it relies on the data of end user prices and estimates for reference prices to calculate the price-gap for each fossil fuel. These numbers are then multiplied by the quantities of the corresponding fossil fuel used in the analysed time period to calculate the abso-

lute value of FFSs. This relative computational ease and simplicity is the main advantage of the price-gap approach. Compared to the OECD methodology, there is no need to compile information on the different types of government interventions, to estimate the value of each intervention or to aggregate the estimates. However, one clear advantage of the OECD methodology is that it can cover more sophisticated methods of public support. Some forms of government intervention have no impact on the consumer price of the fossil fuel (such as vouchers to low-income households, state support for the decommissioning of old power plants, and other producer subsidies, e.g. R&D support). While the OECD measures these subsidies as well, the IEA cannot, due to the limitations of the price-gap approach.

The estimates of the International Energy Agency vary greatly year-on-year (for example the 2009 estimate is about USD 110 billion lower than the 2010 one), which is a direct consequence of the fixed price regimes many countries still employ. If the international market price of a fossil fuel increases, while the price for end users is kept constant, consumption subsidies necessarily increase. In importing countries this increase in subsidies is reflected by an increase in the budget deficit as the country has to pay more for fossil fuel imports while prices for domestic consumers remain unchanged, i.e. in these countries, IEA FFS estimates are explicit in the budgetary sense. For exporters, the same increase in the international price has rather a positive impact on government revenues and on the government balance. However, due to the higher international market prices, exporting countries are giving up on higher gains for every unit of fuel not exported, than before. Therefore the opportunity cost of subsidising fossil fuels rises in exporting countries, even if this is not reflected explicitly by the deterioration of the fiscal position.

OECD estimates for FFSs are always explicit, i.e. they represent specific budgetary expenditures (or tax breaks) and therefore directly impact the budget. IEA fossil fuel estimates are only explicit for fossil fuel-importing countries. Importers that sell fossil fuel domestically below world prices have to pay for this difference (between the import and the domestic price) directly through their budget. For exporting countries, fossil fuel consumption subsidies (as estimated by the IEA's price-gap approach) are implicit and represent the opportunity cost of supplying domestic consumers with energy at lower-than-world prices. While charging market prices from domestic consumers would improve the budget balance, these subsidies are not explicitly included in the budget.

OECD and IEA estimates for FFSs are therefore not directly comparable. The data from the two international organisations are complementary. In advanced economies, most subsidies are explicit as fossil fuel prices are not in general subsidised for the entire population. Additionally, a number of government interventions are in place in developed countries that are considered as subsidies but would not be captured by the IEA's price-gap approach (such as R&D support, rehabilitation of old mining sites, etc.). The budgets of advanced countries are also more transparent in general, therefore the OECD's inventory approach is more likely to yield precise estimates. In developing countries, consumption subsidies are the dominant form of subsidisation, and many of these subsidies are also implicit, and would therefore not be captured by the OECD's methodology. Therefore for emerging economies, the IEA's price-gap approach for estimating FFSs is clearly more suitable.

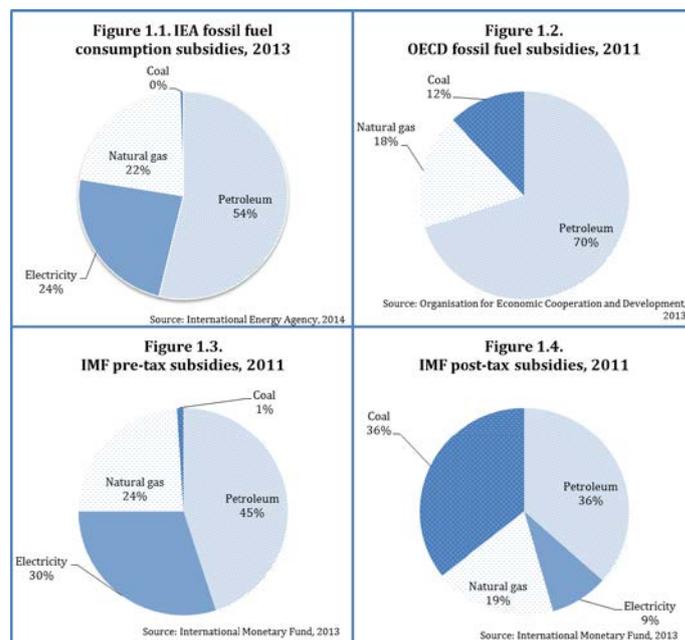
¹¹ In this Economic Brief, a subsidy should always be considered a pre-tax subsidy, unless stated otherwise.

3. The allocation of fossil fuel subsidies across different fossil fuels and regions

3.1 Allocation by type of fossil fuel

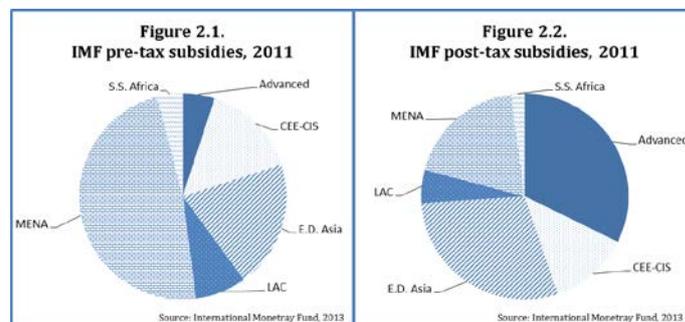
The following chart (Figure 1.) presents estimates for the allocation of subsidies across different fossil fuels. All point to a predominant share of petroleum products, ranging from 36 to 70%, depending on the method used. According to IEA data, petroleum and petroleum products receive over half of all consumption subsidies. The rest is split nearly evenly between the subsidisation of electricity and natural gas; subsidies to coal consumption are negligible accounting for less than 1% of the global total. The OECD's estimates are very different, with petroleum getting 70%, natural gas 18%, and coal 12%. Much of the difference is simply due to the fact that the two international organisations analyse different groups of countries while part of it is explained by methodological dissimilarities. The OECD does not include a separate category for electricity. Only when electricity is generated exclusively from a fossil fuel is subsidisation of electricity considered to be the subsidisation of that particular fossil fuel. This should raise the shares of coal and natural gas (and to some extent, the share of petroleum), depending on the country's structure of electricity generation, relative to an analysis that includes electricity support as a separate category. The OECD also tends to overestimate the share of petroleum subsidies in general, due to the particularities of its inventory approach, as the heavy taxation of transport fuels (which are mainly petroleum products) in OECD countries means that any tax breaks or reductions for petroleum are calculated against such a high benchmark, leading to high subsidy estimates. The IMF's estimates for pre-tax subsidies in 2011 are very similar to the IEA's 2013 estimates, due to the similar methodology and the fact that most of global pre-tax subsidies are handed out in the forty emerging economies analysed by the IEA. Post-tax subsidy estimates, which include negative environmental and other externalities paint however a very different picture of global subsidies. Coal - a fossil fuel subsidised to a negligible extent according to IEA and IMF pre-tax estimates - is on par with petroleum as the most heavily subsidised fossil fuel in post-tax terms (each accounting for 36% of a global total of USD 2.0 trillion in post-tax subsidies). This high share of coal is due to the under-taxation of coal: while the average price of coal was around USD 5/GJ in 2011, the IMF estimates that corrective taxes on coal should be USD 3.3/GJ just to account for the negative externalities associated with increased CO₂-emissions (i.e. their contribution to advancing climate change) (Parry et al., 2014). Taxes on coal as the most polluting fossil fuel are nowhere near this efficient

level (not even in developed countries), therefore coal is heavily subsidised globally on a post-tax basis.



3.2. Allocation by region

How and to what extent fossil fuels are subsidised varies greatly by region. Using the IMF's categorisation for economic regions and using IMF data, Figure 2 shows the shares of the different economic regions in pre-tax and in post-tax subsidies.¹²



Pre-tax subsidies

According to IMF estimates, pre-tax subsidies in 2011 amounted to USD 492 billion: around 0.7% of global GDP and 2.5% of worldwide government revenue. One economic region - **the Middle East and North Africa (MENA) - accounted for 48% of this total.** Here, FFSs amount to almost 9% of regional GDP or 22% of regional government expenditure. Generalised fossil fuel subsidies (subsidies that

¹² The categories the IMF employs are the following: advanced economies, countries of Central and Eastern Europe and the Commonwealth of Independent States, Emerging and Developing Asia, Latin America and the Caribbean, the Middle East and North Africa, and Sub-Saharan Africa. A detailed list of each group by country can be found Clements et al. (2013).

benefit everyone, independent of income and other factors) are widespread in both the energy exporting and energy importing countries of the region, though subsidies are usually higher for exporters of energy. The most common method of subsidisation is the use of fixed price regimes by the government: for example electricity, gasoline, diesel, kerosene are sold to domestic consumers (and often also to industrial users) at a fixed price set by the government. These prices are typically much lower than international prices: according to the German Federal Enterprise for International Cooperation¹³, gasoline prices in Saudi Arabia in 2012 were around USD 0.07/litre. The subsidisation of gasoline use is the most regressive form of fossil fuel subsidisation. Worldwide, the top income quintile reaps 61% of the benefits, and the lowest income quintile receives only 3% of all gasoline subsidies (Arze del Granado, Coady and Gillingham, 2012). Over half of pre-tax subsidies in the MENA support the consumption of petroleum and associated products; the remainder is split between natural gas and electricity support.

The region with the second largest subsidies is Emerging and Developing Asia. Here, a number of countries, notably Indonesia, India, Pakistan and Bangladesh provide generous state support for fossil fuel use. While the region as a whole accounts for around a fifth of worldwide subsidies, these subsidies make up less than 1% of regional GDP. Countries of Emerging and Developing Asia are heterogeneous when it comes to energy subsidies: some still employ traditional fixed price regimes, while others have managed to phase out or are in the process of phasing out these subsidies. Most of the state support in the region benefits the use of petroleum or electricity.

Central and Eastern Europe and the Commonwealth of Independent States account for approximately 15% of global subsidies. Some countries in the region (Russia, Turkmenistan, Uzbekistan, and Kazakhstan) still employ fixed prices regimes and subsidise mostly natural gas and electricity.

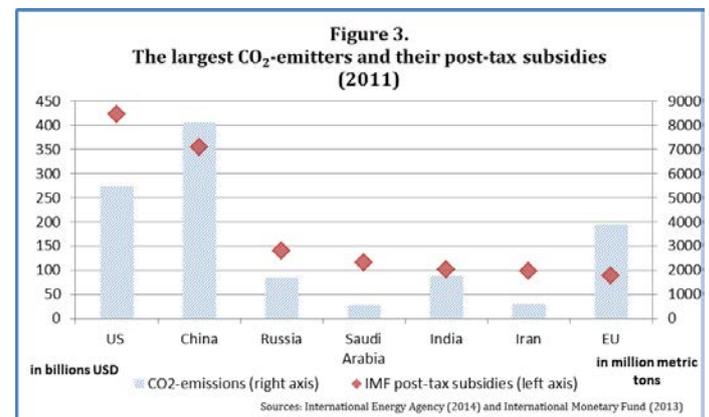
The rest of the regions only supply a relatively small share of global FFSs, with some important exceptions in Latin America: Venezuela and Ecuador are relatively important subsidisers. Venezuela boasts the highest rate of subsidisation¹⁴ for any country in the world (according to IEA data for 2013): the ratio of the subsidy to the international reference price for Venezuela is 93%.¹⁵

The contribution of advanced economies to global pre-tax subsidies is very low, especially when considering

their economic weight. These countries have almost completely phased out generalised fossil fuel subsidies, and instead use targeted measures to help meet the basic energy needs of poor households, such as heating grants for those living on a low income. Some forms of FF subsidisation, especially producer subsidies, such as R&D grants are prevalent among developed countries. Interestingly, advanced economies are the biggest subsidisers of coal, providing over half of all coal subsidies. This is due to the efforts of a few advanced economies to slow down the decline of their traditional but uncompetitive coal mining industries and to give coal mining regions time to diversify their economy away from coal.

Post-tax subsidies

The allocation of post-tax subsidies across economic regions presents a different picture. In post-tax terms, advanced economies are large subsidisers, accounting altogether for about a third of total subsidies. Emerging and Developing Asia lags not far behind, providing about 30% of global post-tax subsidies. All other regions are underrepresented in post-tax terms (when compared to their shares in pre-tax subsidies); the Middle East and North Africa especially so, as their share in total post-tax subsidies is only around one-fifth, down from a half in pre-tax terms.



Using IMF data Figure 3 shows the seven largest post-tax subsidisers with their respective post-tax subsidies and CO₂-emissions (as estimated by the IMF). This evidence suggests that CO₂-emissions are closely linked to post-tax subsidies: the five biggest CO₂-emitters¹⁶ are also amongst the largest post-tax subsidisers in the world. As no country currently imposes corrective taxes that are high enough to completely internalise the negative externalities associated with fossil fuel consumption, there is a strong positive correlation between CO₂-emissions and post-tax subsidies. How much CO₂ a country emits depends not only on the amount of fuel consumed, but also on the mix of fuels used. Coal combustion emits the most CO₂ per unit of energy (almost double the amount for natural gas). A higher reliance on coal thus

¹³ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

¹⁴ The subsidisation rate is equal to the ratio of the subsidy and an international reference price.

¹⁵ In 2012, Venezuela had the lowest prices at 0.011/litre for gasoline and 0.023/litre for diesel (GIZ, 2014).

¹⁶ China, the US, the EU, India and Russia.

leads to higher emissions of CO₂ per unit of energy and implies higher post-tax subsidies, unless high corrective environmental taxes are imposed, either on coal or on CO₂ emissions themselves. As the EU applies high environmental taxes, European post-tax subsidies are low, relative to CO₂-emissions (and fossil fuel use). In Saudi Arabia and Iran, the situation is reversed: these countries have high post-tax subsidies relative to their CO₂-emissions, because their governments support fossil fuel consumption with high pre-tax subsidies. The next section discusses the subsidy estimates and recent reform efforts of the seven largest post-tax subsidisers.

4. Fossil fuel subsidies in the largest post-tax subsidisers

This section reviews the amount and distribution of FFSs in the seven largest post-tax subsidisers, i.e. in the US, China, Russia, Saudi Arabia, India, Iran and the EU. The data used for the analysis comes from two main sources, the IEA and the IMF estimates. For developing countries we present the most recent IEA estimates, along with the post-tax FFS estimates of the IMF. For the analysis of the FFS situation in developed countries, where no IEA data is available (because of the lack of generalised FFSs to consumers) we use IMF pre- and post-tax subsidy estimates. IMF post-tax subsidies - which are presented both for developed and developing countries - allow for cross-country comparison.

4.1 MENA countries: Iran and Saudi Arabia

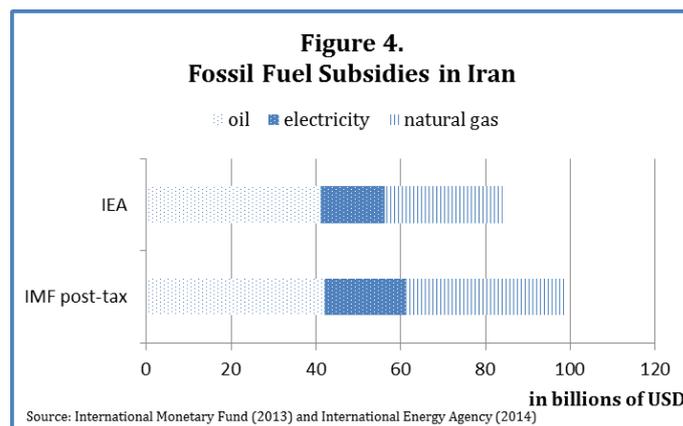
Fossil fuel consumption subsidies are most widespread in the countries of the Middle East and North Africa. According to the 2014 World Energy Outlook of the International Energy Agency, five of the top ten subsidisers in the world were MENA countries. **The two largest subsidisers are also in the Middle East: Iran with USD 84 billion and Saudi Arabia with USD 62 billion together account for over a quarter of total pre-tax FFSs of USD 548 billion.** These remarkably high FFSs in the MENA region are not only extremely costly but also greatly inequitable. While almost 9% of regional GDP is spent subsidising fossil fuels, less than 1% of GDP is spent on food subsidies. In Egypt, for instance, a fifth of the budget is spent on fossil fuel subsidisation; i.e. three times the country's spending on education and seven times its spending on health-care.

Power generators in most Middle Eastern countries can purchase oil at artificially low, subsidised prices, thus a third of the electricity in the Middle East is produced by oil-fired power plants, which burn over 2 million barrels of oil a day according to the IEA (worldwide consumption of crude oil is around 90 million barrels a day). In the absence of these

subsidies, electricity generated from oil could not even compete with renewable energy or with nuclear power. At the same time, these subsidies result in high opportunity costs to Middle Easterners as the 2 million barrels of oil used daily for electricity generation could be exported (or stored and exported at a later date). Export revenues foregone translate into less investment in infrastructure development or education, which could support economic growth in the long run.

Iran

Iran is the largest pre-tax subsidiser in the world, with subsidies worth USD 84 billion (or USD 1083 per person) in 2013 according to the IEA (see Figure 4.). These consumption subsidies amount to over a fifth of Iran's GDP, the highest value for any country. Oil accounts for 49% of the total, followed by natural gas (33%) and electricity (18%). IMF estimates for post-tax subsidies for 2011 (which include externalities and the preferential tax treatment of fossil fuels) are a little higher (reaching USD 99 billion) and are distributed roughly similarly across the same three sources of energy.

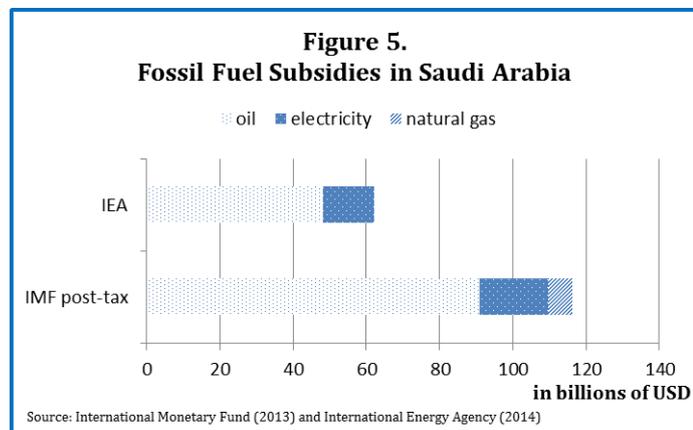


Iran was the first country in the Middle East to introduce significant reforms to its system of fossil fuel subsidisation. The reform plan aimed to bring domestic fossil fuel prices close to international levels over five years. E.g., the Targeted Subsidies Reform act aimed to raise gasoline, diesel, kerosene and LPG prices to 90% of Persian Gulf FOB prices. The first phase of the package involved substantially increasing the domestic prices of petroleum products, natural gas and electricity. For instance, the price of diesel was increased 9 to 18-fold (different prices were charged from different consumers) (Hassanzadeh, 2012). Half of the savings was originally planned to be spent on cash transfers to poorer households, to compensate those most affected by the increase in energy prices. However, due to lack of data and administrative challenges, the government changed its plans and made the whole population eligible for the cash transfers of around USD 40-45 per person per month (everyone was free to apply, although the wealthy were encouraged not to, with little success). Although these transfers

were more expensive than the ones originally planned, they made the system more equitable, as all citizens received equal transfers while regressive fossil fuel subsidies were lowered. The poor, who don't own vehicles and don't use many household energy appliances benefited significantly, and were actually better off after the reforms: for an average poor family of five, the monthly transfers of around USD 200 could easily amount to half of their labour income. Iran's example also demonstrates that the success of the reform steps also rests on popular support for the measures, ensured by an extensive public relations campaign to inform the public on the benefits of reform, and the universal compensatory cash transfer scheme that counters the adverse impact of subsidy removal on the disposable income of poor and middle class households (Guillaume, Zytek and Farzin, 2011). A second phase of the price increases was delayed in 2012 due to Iran's economic problems and was only implemented in 2014. While according to 2013 data, Iran still has the highest pre-tax subsidies of any country, the 2014 and 2015 estimates will likely be significantly lower.

Saudi Arabia

Saudi Arabia is the second largest pre-tax subsidiser in the world, with consumption FFSs amounting to USD 62 billion. This is split between oil and electricity subsidisation, with over 75% of the total accounted for by subsidies to oil (See Figure 5.). IMF post-tax subsidy estimates equal USD 116 billion, and are also dominated by petroleum.

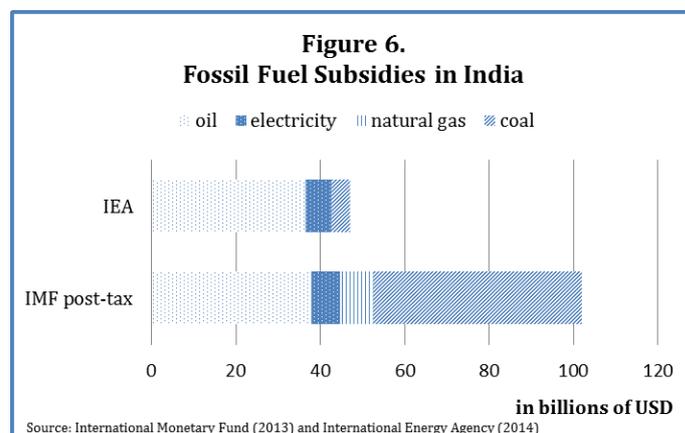


Saudi Arabia - as most other countries in the MENA region - sets fixed prices for energy products (gasoline, diesel, electricity) for domestic consumers. Diesel prices in Saudi Arabia equalled USD 0.067/litre while gasoline cost USD 0.16/litre in 2012 November (GIZ, 2014). These prices clearly discourage investment in more expensive but fuel-efficient cars. Without subsidies, the payback period for investing in a more fuel-efficient car would decrease from sixteen to only three years (IEA, 2014). Subsidised electricity prices motivate consumers to buy cheap incandescent light bulbs instead of expensive energy efficient ones, and more importantly to rely on inefficient air-conditioners. An extraordinarily high 70% of Saudi Arabian electricity con-

sumption is used for air-conditioning, thus an increase in the energy efficiency of air-conditioners used would lead to substantial savings in electricity consumption (and in subsidies). While the Saudi government has not yet proceeded to undertake bold FFS reforms, it has recently tried to address some of these issues by setting minimum standards for energy efficiency. However, letting world prices guide consumers' behaviour (or even getting prices closer to international levels) would be a more effective way of influencing investment decisions and raising energy efficiency both in Saudi Arabia and throughout the Middle East.

4.2 India

India is currently the third largest subsidiser in the world after Iran and Saudi Arabia with pre-tax subsidies of USD 47 billion in 2013 according to the IEA (see Figure 6.). 78% of these subsidies support the consumption of petroleum and petroleum products, while support to electricity (13%) and natural gas consumption (9%) accounts for the remainder. The International Monetary Fund estimates that post-tax subsidies to coal and petroleum products both amounted to over 2% of the GDP, while subsidies to electricity and natural gas were much lower (at around 0.4% of GDP each).

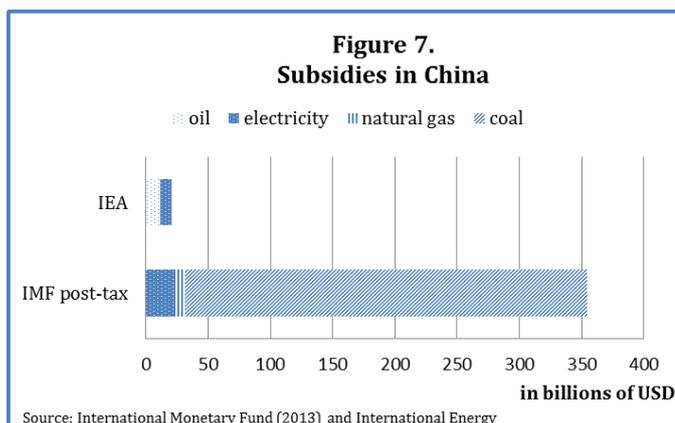


India has traditionally had high energy consumption subsidies to protect and help the large number of people living below the poverty line in the country (approximately one quarter of the population). However, as in other countries, FFSs have not been an efficient method of alleviating energy poverty and have also been very costly fiscally: in the 2012-13 fiscal year almost 14% of the government budget of India was spent subsidising fossil fuels (IISD, 2014). The government of India therefore embarked on reforming FFSs in 2010. Previously, petrol, diesel, LPG (liquefied petroleum gas), and kerosene prices have been regulated in the country, with oil marketing companies selling these products below costs and central government transfers controlling for the difference. In June 2010 petroleum pricing was liberalised in India. Deregulation of diesel pricing - while delayed for a few years due to high food inflation - followed

suit in 2014.¹⁷ However, India still has a long way to go in phasing out its FFSs: LPG and kerosene are still heavily subsidised. LPG subsidies are thought to be particularly regressive: 62% of urban households use it for cooking, while in rural areas only 9% of households do. Thus 76% of LPG support goes to urban households, and over 40% of subsidies are captured by the richest 7% according to research by the Energy and Resources Institute (Chawla et al., 2005). Kerosene is used for lighting in poorer households and the subsidisation of this fossil fuel does indeed benefit the poor (IISD, 2012). However, the use of kerosene for lighting (as opposed to electricity or solar lamps) is expensive, inefficient, and causes indoor pollution. Therefore subsidisation of new electricity infrastructure or the installation of solar lamps would be a more efficient way of supporting the poor.

4.3 China

The IEA estimates that China is the world's 9th largest pre-tax subsidiser, with subsidies worth USD 21 billion in 2013. **On a post-tax basis, China is the world's second largest subsidiser**, second only to the United States with subsidies of USD 353 billion or 4.8% of the country's GDP (according to IMF estimates for 2011, see Figure 7.). Coal is responsible for 91% of these post-tax subsidies. While pre-tax subsidies for coal consumption have been phased out, the government fails to control for the grave negative externalities associated with the use of coal. The extent of this externality is explained by the fact that China is the single largest consumer of coal in the world, itself consuming almost as much coal as the rest of the world combined.



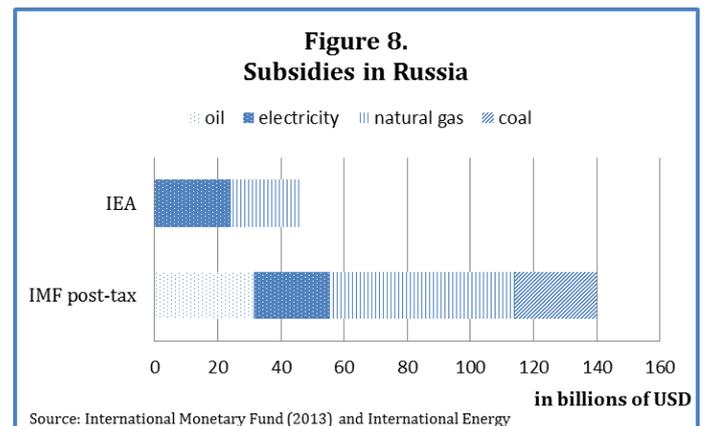
China has embarked on bold reforms to bring its energy prices closer to international levels. For example all price controls for coal were eliminated in 2007 and the country moved towards a market based pricing mechanism. Today,

¹⁷ The rationale behind diesel subsidies is that this reduces transportation and freight costs (as trucks predominantly use diesel fuel), so essential goods become cheaper. However, diesel can also fuel private vehicles and government subsidies to diesel incentivise the purchase and use of diesel fuelled vehicles instead of less polluting gasoline fuelled ones.

power companies and coal mines are free to negotiate their contracts (and the price of the coal purchased) with each other (IEA, OECD and World Bank, 2010). In 2012 the country also adopted a three-tiered electricity pricing system for residential consumers in relation to their level of consumption. Approximately 80% of households were unaffected by these changes, while electricity bills got higher for the largest residential customers (IEA, 2014). This meant that on average richer households had to pay more for their electricity than poor ones, therefore subsidies became more progressive and better targeted. The value of subsidies to electricity consumption also fell as a result of the reforms from USD 11.8 billion in 2012 to USD 7.2 billion in 2013.

4.4 Russia

In post-tax terms Russia is the world's third largest subsidiser of fossil fuels, with the total value of subsidies reaching USD 136 billion or 7.3% of GDP in 2011 according to the IMF (see Figure 8.). In pre-tax terms it is the fourth largest subsidiser, with subsidies of USD 46.5 billion in 2013 according to IEA data. As petroleum and coal subsidies have been phased out after the fall of the Soviet Union, this sum is divided roughly evenly between electricity and natural gas consumption support. This makes Russia the world's largest subsidiser of electricity and the world's second largest subsidiser of natural gas consumption. Russia also subsidises fossil fuel production heavily. The development of new oil and gas fields, especially in the Arctic enjoys generous financial support from the government. Federal support to upstream oil and gas companies amounted to USD 14.4 billion in 2010 (Gerasimchuk, 2012).

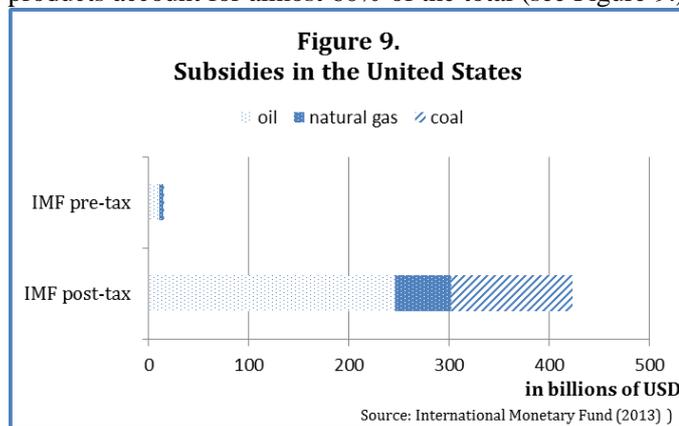


Russia has a 4-tier pricing system for natural gas. Its state-owned giant, Gazprom sells natural gas at different prices to residential and industrial domestic consumers (households pay less for gas than do factories). These domestic prices are much lower than export prices to CIS countries, which are in turn also much lower than the prices charged by Gazprom from EU importers. Gazprom actually sells natural gas to domestic consumers below cost, and makes up for these losses from the high profit margins of its natural gas exports

to the European market. As over 50% of Russia's natural gas production is used domestically, this discount for Russian consumers is clearly very costly. In the past decade efforts have been made to increase domestic gas prices, especially for the industrial sector (the Russian government allowed Gazprom to raise prices by about 14-25% a year) (IEA, OECD and World Bank, 2010). Reforms have been halted due to the financial crisis and Russia's economic problems.

4.5 United States

In absolute terms the United States is the largest subsidiser in the world, with post-tax FFSS equal to USD 410 billion in 2011 according to IMF data. While pre-tax subsidies make less than 0.1% of the country's GDP¹⁸, post-tax subsidies sum up to 2.7% of GDP, a very high ratio for a developed country.¹⁹ Subsidies to petroleum and associated products account for almost 60% of the total (see Figure 9.).



The reason for petroleum's dominance in American post-tax subsidies is the very low taxation of transport fuels in the United States (in fact, the US has the lowest price for gasoline and diesel for any advanced economy). The revenue from gasoline and diesel taxation in the United States just about covers expenditure on road infrastructure building and maintenance, however, it fails to account for the negative environmental and health effects of fossil fuel use. Second in terms of post-tax subsidies is coal (almost 30% of the total), as coal is not taxed heavily enough to address the negative externalities associated with its use. The remaining relatively small share (13%) of post-tax subsidies goes to natural gas. Natural gas is the cleanest fossil fuel, therefore

¹⁸ The OECD estimate for the US is very similar to the IMF pre-tax subsidy estimate: the former amounts to USD 13 billion, the latter to USD 14.5 billion.

¹⁹ In fact, the only developed country with higher post-tax fossil fuel subsidies (as a share of GDP) is Luxembourg. Luxembourg has one of the lowest taxes on transport fuels in Europe, leading to significant "refuelling tourism" from neighbouring countries. Luxembourg had the lowest gasoline and diesel prices for any EU-27 country (in the week of 08/12/2014, according to data from the Weekly Oil Bulletin of the Directorate General for Energy of the European Commission).

efficient taxation of this energy source is lower than that of either coal or petroleum.

A notable example for a production subsidy in the form of a tax break is the so-called excess of percentage over cost depletion option. This allows natural minerals companies to deduct a favourably high percentage of their gross income (as an expense) to account for depletion in their reserves (IEA et al., 2010). The state also supports R&D activities related to fossil fuel production. Such support had a large part to play in developing technologies to exploit unconventional natural gas reserves, especially in the initial technological steps that eventually led to the shale gas boom in America. A specific example for a fossil fuel consumption subsidy in the US is the exemption of farmers from excise duties on transport fuels.²⁰ There are no generalised fossil fuel subsidies in the United States. As an advanced economy, the country does not fix the prices of energy products below international levels for domestic consumers. Instead, there are targeted transfer schemes in the United States that help the poor meet their basic energy needs, such as the LI-HEAP (the Low Income Home Energy Assistance Program), an initiative which assists low income families with their energy costs.

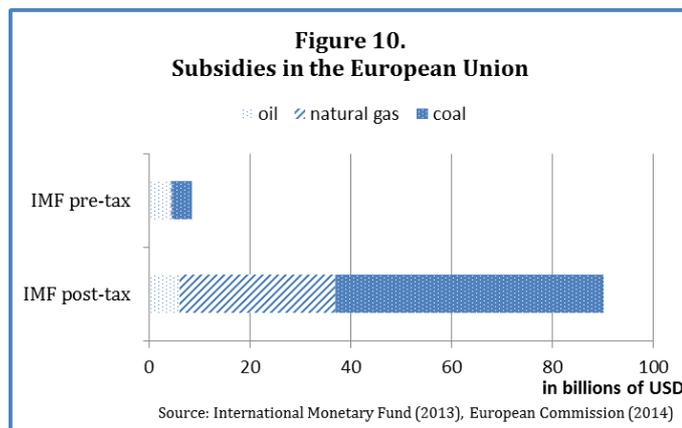
4.6 European Union

Pre-tax subsidies are estimated to be very low in the European Union; they amount to less than USD 10 billion or less than 0.1% of EU-27 GDP (see Figure 10.).²¹ Countries in the European Union have phased out generalised energy subsidies, poor families are instead assisted in meeting their energy needs through targeted schemes and social safety nets. The IMF estimates that post-tax subsidies in the European Union in 2011 amounted to USD 89 billion, which is less than 5% of global post-tax subsidies. Considering that the European Union produces about 20% of the world's GDP, this is a relatively low share. There are two reasons for this low post-tax subsidisation in the EU. First, the EU countries have low pre-tax subsidies (as do most other advanced economies). Second, taxes on energy consumption are high in the EU, even when compared to other

²⁰ This exemption is based on the assumption that farmers use transport fuels to cultivate land, and not to travel on roads, hence they aren't required to contribute to the amortisation of road infrastructure. The purpose of excise duties is to finance the cost of building and maintaining road infrastructure.

²¹ The OECD estimates energy subsidies of USD 54 billion in the EU (excluding Malta and Cyprus). This estimate is rather high partly because of producer subsidies, and partly because of the many tax exemptions in a number of EU member states. For example, several countries apply a lower VAT rate to specific energy products. Often governments have fuel tax reductions for certain professional and industrial uses, such as: reduced excise duties on petrol/diesel for taxi drivers, public transportation companies, garbage collectors, domestic aviation companies, or farmers.

developed countries, e.g. the US. This means that the EU also has lower tax subsidies than the rest of the world, i.e. the market failure of negative externalities associated with fossil fuel use is addressed to a higher degree with corrective taxes and thus the taxation of energy consumption is closer to efficient levels than in other parts of the world. The bulk of post-tax subsidies - approximately 60% - is supporting the production or consumption of coal, as this fossil fuel is undertaxed with respect to its negative externalities even in the European Union. A third of post-tax subsidies support natural gas, while support to petroleum and associated products is responsible for the remainder (approximately 6%).



Based on still a different methodology, the European Commission also published a report on energy subsidies, the "Subsidies and Costs of EU Energy" (2014), which includes subsidies to renewables in its estimates.²² The EC estimates that the value of government interventions to energy in 2012 in the EU equalled USD 145 billion (including support to renewables). Government interventions benefiting renewables were larger than support to the use of fossil fuels in 2012. Support to coal is estimated at USD 13 billion, while support to natural gas amounted to USD 8 billion. Support to oil products is negligible as the analysis doesn't cover transport fuels. The biggest subsidisers in absolute numbers in the European Union were Germany, the UK, Spain, and Italy, respectively.²³

²² The report introduces the concept of government interventions and external costs. Government interventions are subsidies excluding externalities, while external costs are simply the negative externalities that have not been internalised by corrective taxes. The methodologies of the IMF and the EC differ. The IMF considers the favourable tax treatment of fossil fuels (for example through a lower VAT rate) a tax subsidy, therefore this is included in post-tax subsidy estimates but excluded from pre-tax subsidy estimates. Tax exemptions are government interventions in the EC methodology. Another reason the EC report's estimates are not comparable with IMF (or OECD) data is that the EC report excludes from the analysis fossil fuels used in transportation (mainly petroleum and petroleum products) but estimates subsidies and costs of renewable energy in the EU.

²³ External costs are estimated to be in the range of USD 193-399 billion in 2012, with a central estimate of USD 257 billion. This esti-

The European Union is taking steps to reduce fossil fuel subsidisation. EU legislation²⁴ stipulates the phase-out of state aid to the production of coal from uncompetitive mines by the end of 2018. The Council is working on the revised version of the EU energy taxation directive. This directive aims to tax energy products based on their energy content and the amount of CO₂ they emit, in order to incentivise the more efficient use of resources and to mitigate climate change. An important part of the proposal is the introduction of minimum tax rates on energy and CO₂ content across the EU.

5. Concluding remarks

This paper gives a broad overview of pre- and post-tax fossil fuel subsidies across different regions of the world. Pre-tax subsidies are more visible and easier to estimate, but their amount is far below that of post-tax FFSs which in 2011 were approximately four times as large as global pre-tax subsidies. Pre-tax subsidies are mostly concentrated in specific countries, mainly in energy exporters and/or the developing world, such as the countries of the MENA and Central Asia, India, Indonesia, Russia, Venezuela. Post-tax subsidies are common throughout the world because of the negative externalities associated with the use of fossil fuels and the favourably low taxation of these fuels.

Advancing FFS reform is a task for both emerging and advanced economies if they want to succeed in achieving the declared objectives of curbing climate change and improving the sustainability of public finances. The reform process of FFS removal should be carefully planned and well communicated. Poorer segments of society need to be protected from energy poverty through countervailing measures, while effective communication of the benefits of reform - and the costs of FFSs - is important to gain the support of the electorate.

The current environment of low energy prices offers a window of opportunity to proceed smoothly with FFS reform, both on the pre-tax and on the post-tax level. At the same time, governments should resist a possible pressure from producers to introduce or increase producer subsidies to offset the potential losses for energy producing companies. Developing countries can use the current benign momentum to phase-out pre-tax subsidies, and then continue their reform efforts by considering corrective environmental taxes on fossil fuels which would build external costs into con-

mate is significantly higher than that of the IMF also because the EC uses a higher external cost estimate of CO₂-emissions than does the IMF (EUR 50 instead of USD 36 per ton of CO₂-emissions), and because the EC also considers energy resource depletion as an external cost.

²⁴ The Council Decision, 2010/787/EU, published OJ L 336 , 21.12.2010, p. 24-29.

sumers' decisions. Developed countries should reflect on the taxation of certain fossil fuels, notably coal, to get closer to the socially optimal level of energy taxation and to promote a less polluting energy mix. While respecting the condition of budget neutrality, the FFS reform gives an opportunity to create extra fiscal space and reconsider the composition of public finances in a broader sense. For instance, higher taxation of energy could be used to lower other taxes, such as labour, or offer a possibility for adjustment on the expenditure side within a country specific context. Finally, the positive environment of low energy prices could give a new boost for G20 members to undergo the FFS peer review process which so far is joined only by three countries, namely the US, China and Germany.

6. Bibliography

- Arze del Granado, J., Coady, D. and Gillingham, R. (2012), "The Unequal Benefits of Fuel Subsidies: A Review of Evidence for Developing Countries", *World Development*, 40(11), pp. 2234-2248.
- Chawla, R., Misra, N., Pachauri, R.K. and Srivastava, L. (2005), "*Petroleum Pricing in India: Balancing Efficiency and Equity*", The Energy and Resources Institute, ISBN: 81-7993-081-5.
- Clements, B., Coady, D., Fabrizio, F., Gupta, S., Alleyne, T. and Sdravlevich, C. (eds.) (2013), "*Energy Subsidy Reform: Lessons and Implications*", IMF, ISBN: 978-1-48439-379-6.
- Ecofys (2014), Final Report for the European Commission, "*Subsidies and Costs of EU Energy*", EC, available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECO_FYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf
- European Commission (2014), Jean-Claude Juncker's Political Guidelines, "A new start for Europe: My agenda for Jobs, Growth, Fairness and Democratic Change", available at: http://ec.europa.eu/news/eu_explained/140715_en.htm
- Gerasimchuk, I. (2012), "*Fossil Fuels - At What Cost: Government Support for Upstream Oil and Gas Activities in Russia*", WWF-Russia and IISD/GSI, available at: http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/ffs_awc_russia_eng.pdf
- GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) (2014), "*International Fuel Prices 2012/13*", 8th ed., GIZ, available at: <http://www.giz.de/expertise/downloads/giz2014-en-international-fuel-prices-2013.pdf>
- Guillaume, D., Zytek, R. and Farzin, M. R. (2011), "Iran - The Chronicles of the Subsidy Reform", *IMF Working Paper*, WP/11/167.
- Hassanzadeh, E. (2012), "*Recent Developments in Iran's Energy Subsidy Reforms*", IISD/GSI, available at: http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/pb14_iran.pdf
- IEA (International Energy Agency) (2012), "*World Energy Outlook 2014*", OECD/IEA, ISBN: 978-92-64-20804-9.
- IEA (International Energy Agency) (2014), "*World Energy Outlook 2012*", OECD/IEA, ISBN: 978-92-64-18084-0.
- IEA, OECD and World Bank (2010), "*The Scope of Fossil-Fuel Subsidies in 2009 and a Roadmap for Phasing Out Fossil-Fuel Subsidies, prepared for the G-20 Summit, Seoul (Republic of Korea), 11-12 November 2010*", OECD/IEA, available at: <http://www.oecd.org/env/cc/46575783.pdf>
- IEA, OPEC, OECD, and World Bank (2010), "*Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 initiative, prepared for submission to the G-20 Summit Meeting Toronto (Canada), 26-27 June 2010*", OECD/IEA, available at: <http://www.oecd.org/env/45575666.pdf>
- IISD (The International Institute for Sustainable Development) (2014), "Introduction", *India Energy Subsidy Review: A Biannual Survey of Energy Subsidy Policies*, 1(1), pp.3.
- IISD (The International Institute for Sustainable Development) (2012), "*A Citizen's Guide to Energy Subsidies in India*", IISD/GSI, ISBN: 978-1-894784-49-8.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2005), "*Environmentally Harmful Subsidies: Challenges for Reform*", OECD, ISBN: 92-64-01204-4.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2013), "*Inventory of Estimated Budgetary Support and Tax Expenditures for Fossil Fuels*", OECD, ISBN: 978-92-64-18761-0.
- Parry, I., Heine, D., Lis, E. and Li, S. (2014), "*Getting Energy Prices Right: From Principle to Practice*", IMF, ISBN: 978-1-48438-857-0.
- Sab, R., (2014), "*Energy Subsidies in the Middle East and North Africa: Lessons for Reform*", IMF, available at: <https://www.imf.org/external/np/fad/subsidies/pdf/menanote.pdf>