

ZEN 2050 : vers une Europe à Zéro Émission Nette en 2050 ?

05
ZEN 2050 : un défi collectif à relever
La France, zéro émission nette en 2050
Nicolas HULOT

08
L'Europe, zéro émission nette en 2050 ?
Claire TUTENUIT

Les possibilités techniques

11
Berlin, la neutralité carbone en 2050
Michael MÜLLER

15
Maximiser l'efficacité des puits de carbone :
les différentes options
Didier HOUSSIN

20
Du Challenge Bibendum au *Paris Process on Mobility & Climate*
Patrick OLIVA, Cornie HUIZENGA et Claire BERNARD

25
Assurer la transition de l'ensemble du système agricole
et alimentaire vers la neutralité carbone : des trajectoires
de long terme et des pistes pour le court terme
Sébastien TREYER, Pierre-Marie AUBERT,
Aleksandar RANKOVIC et Marie-Hélène SCHWOOB

30
De l'économie circulaire à l'économie permacirculaire
Dominique BOURG

Les modalités : économie et politique

34
L'ambitieux objectif français de la neutralité carbone
nette en 2050
Jérôme BOUTANG et Mark TUDDENHAM

39
Climat et transition énergétique
Richard LAVERGNE

44
Moving to net-zero emissions, an undeniable business
opportunity in Europe and beyond
Maria MENDILUCE

47
La feuille de route de la décarbonation
du secteur énergétique allemand
Stéphane REICHE et Laure JOYA

53
La nécessité de renforcer l'atténuation pour atteindre
l'objectif « Zéro émission nette » en 2050
Anne BRINGAULT, Lucile DUFOUR et Neil MAKAROFF

56
Le dialogue entre l'entreprise et les consommateurs,
clé de la transition
Jean-Dominique SÉNARD

59
Se doter d'un prix du carbone pour faciliter la transition
énergétique ? Certes, mais cela ne suffit pas
Dominique DRON

64
Les travailleurs, acteurs indispensables et moteurs
de la transition écologique
Laurent BERGER

68
Climate & Trade: Can They Be Mutually Beneficial?
Philippe VARIN and Claire TUTENUIT

HORS DOSSIER

71
Une analyse des grandes visions prospectives
internationales sur le devenir de l'environnement :
l'étude ScénEnvi
Christophe DIDIER, Nicolas de MENTHIÈRE,
Denis LACROIX, Bertrand SCHMITT, Audrey
BÉTHINGER, Louis LAURENT, Bernard DAVID,
Jacques PARENT DU CHÂTELET, Flora PÉLEGRIN,
Pascale HÉNAUT, Morgane LE GALL,
Marie-Hélène PÉPIN et Isabelle PRADAUD

89 Traductions des résumés
92 Biographies des auteurs

Le dossier est coordonné par Claire TUTENUIT

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

ISSN : 1268-4783

Série trimestrielle • n°89- Janvier 2018

Rédaction

Conseil général de l'Économie, de l'Industrie,
de l'Énergie et des Technologies, Ministère de
l'Économie et des Finances
120, rue de Bercy - Télédock 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

François Valérian
Rédacteur en chef

Gérard Comby
Secrétaire général

Delphine Mantienne
Secrétaire générale adjointe

Liliane Crapanzano
Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier
Correcteur

Myriam Michaux
Webmestre

Membres du Comité de Rédaction

Pierre Couveinhes
Président du Comité de rédaction
Ingénieur général des Mines

Pierre Amouyel
Ingénieur général des Mines honoraire

Gilles Bellec
Ingénieur général des Mines honoraire

Paul-Henri Bourrelief
Ingénieur général des Mines honoraire, Association
française pour la prévention des catastrophes naturelles

Mireille Campana
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie
Haut fonctionnaire de développement durable

Dominique Dron
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

Pascal Dupuis
Chef du service du climat et de l'efficacité énergétique,
Direction générale de l'énergie et du climat, MTES

Jérôme Goellner

Chef du service des risques technologiques,
Direction générale de la prévention des risques, MTES

Jean-Luc Laurent

Ingénieur général des Mines

Richard Lavergne

Ingénieur général des Mines

Philippe Saint Raymond

Ingénieur général des Mines honoraire

Bruno Sauvalle

Ingénieur en chef des Mines, Mines ParisTech

Jacques Serris

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

Claire Tutenuit

Délégué général d'Entreprises pour l'Environnement (EPE)

François Valérian

Rédacteur en chef des Annales des Mines

Photo de couverture :

Image digitale.

Photo © Jacques Loïc/PHOTONONSTOP

Iconographie

Christine de Coninck

Abonnements et ventes

COM & COM

Bâtiment Copernic - 20 Avenue Edouard Herriot
92350 LE PLESSIS ROBINSON

Alain Bruel

Tél. : 01 40 94 22 22 - Fax : 01 40 94 22 32

a.bruel@cometcom.fr

Mise en page : Nadine Namer

Impression : Printcorp

Editeur Délégué :

FFE - 15 rue des Sablons 75116 PARIS - www.ffe.fr

Fabrication : Aïda Pereira

aïda.pereira@belvederecom.fr - 01 53 36 20 46

Régie publicitaire : Belvédère Com

Directeur de la publicité : Bruno Slama - 01 40 09 66 17

bruno.slama@belvederecom.fr

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. »
correspond à des documents ou photographies pour lesquels
nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées
infructueuses.



Le soleil éclaire maintenant le jour et la nuit

Avec ENGIE, l'énergie est maintenant plurielle.

Premier acteur du solaire en France, ENGIE développe des solutions plus respectueuses de l'environnement pour favoriser **la transition énergétique**.

engie.com

L'énergie est notre avenir, économisons-la !



RENAULT
La vie, avec passion

Renault ZOE*

400 km d'autonomie⁽¹⁾ NEDC | 100 % électrique

Jusqu'à 300 km en usage réel



L'électrique pour tous

(1) 400 km d'autonomie homologuée NEDC (Nouveau Cycle Européen de Conduite), soit environ 300 km d'autonomie en usage réel, périurbain, en saison tempérée.

* Renault ZOE équipée de la batterie Z.E. 40.

ZEN 2050 : un défi collectif à relever

La France, zéro émission nette en 2050

Par Nicolas HULOT

Ministre de la Transition écologique et solidaire

Lors des négociations qui ont conduit à l'Accord de Paris, les dirigeants du monde entier ont décidé ensemble de ne pas laisser le réchauffement moyen de la planète dépasser 2 °C. Pourquoi ce chiffre ? Parce que les experts du climat estiment qu'au-delà, il ne sera plus possible à l'humanité de s'adapter au réchauffement moyen et à sa traduction météorologique que sont les événements extrêmes, la montée des océans... À vrai dire, le consensus scientifique est aujourd'hui que, vu le niveau des émissions et la lenteur de la transition, nous n'avons plus qu'une maigre chance de respecter ce plafond : des catastrophes sont certaines, nous ne pouvons qu'en doser – avec beaucoup d'incertitude – la gravité et la fréquence.

Pour la première fois, l'Accord de Paris a aussi adopté un objectif mondial en termes d'émissions, objectif fixé pour garder une chance raisonnable (de l'ordre de 30 %) de rester sous le seuil des +2 °C : les émissions nettes de l'humanité doivent devenir nulles avant la fin du siècle, donc il faudra identifier des puits de carbone au-delà de ceux existant déjà pour compenser les émissions résiduelles de l'humanité, qui auront dû être drastiquement réduites.

La description de ce monde sans émissions laisse de nombreux acteurs perplexes, voire sceptiques sur notre capacité à le construire, tant sont fortes les inerties d'une humanité à bientôt 10 milliards de personnes, et ses aspirations à des modes de vie occidentaux fortement émetteurs.

Néanmoins, la France vient de se donner un objectif encore plus ambitieux : atteindre la neutralité carbone en 2050 – et la révision prochaine, dès 2018, de sa Stratégie Nationale Bas Carbone va préciser les voies et moyens qui vont nous permettre d'y arriver.

Pourquoi cet objectif, plus ambitieux que ce que s'est fixé la communauté internationale ? Pour plusieurs raisons :

- La première est notre réalisme. Nous avons déjà commencé la réduction de nos émissions, alors que les grands pays émergents sont encore en phase de croissance : l'Inde émet ainsi environ 2 tonnes de gaz à effet de serre par an et par personne, et ce chiffre croît au fur et à mesure qu'elle apporte l'électricité à l'ensemble de sa population, elle-même fortement croissante. Les émissions de ce pays, comme celles de beaucoup d'autres, vont donc décroître plus tard que les nôtres. La neutralité carbone en 2080 est une moyenne et certains pays devront l'atteindre avant. La France, porteuse de l'Accord de Paris, ne se dérobera pas.
- La deuxième est notre avance : nous avons une électricité déjà largement décarbonée, nous partons donc d'une situation plus favorable que l'Allemagne ou la Grande-Bretagne dans cette transition ; nous devrions par conséquent arriver plus tôt que beaucoup d'autres à la neutralité carbone ;
- La troisième est notre intérêt : la transition bas carbone est inéluctable, et c'est déjà une compétition nouvelle qui s'ouvre entre les entreprises du monde entier. Qui conquerra les marchés des solutions, produits ou services bas carbone, des marchés mondiaux bien souvent ? Les pays qui réussiront leur transition les premiers seront aussi les gagnants de cette course mondiale. Nous voulons que la France en fasse partie, et nous avons de nombreux atouts pour cela.
- La quatrième, enfin, est symbolique et politique : la France a réussi la négociation de l'Accord de Paris, elle a pour ce faire mobilisé tous les États et acteurs du monde, et convaincu d'innombrables acteurs que respecter les 2 °C était possible sans renoncer au développement humain et à la croissance économique ; si elle perd cette confiance et cette détermination, si elle n'est pas exemplaire, qui le sera ?

Nous avons donc décidé de nous donner cet objectif de neutralité carbone en 2050, tout en étant conscients que l'atteindre demande des efforts considérables et immédiats de tous les acteurs. Il nous reste peu de temps : à peine plus de trente ans, une génération, c'est le minimum pour changer les infrastructures industrielles comme les mentalités. Il y a trente ans, nous n'avions pas de portables..., mais nos logements, nos véhicules et le contenu de nos caddies n'étaient guère différents de ce qu'ils sont aujourd'hui !

Durant les trente dernières années, nous avons fait la révolution digitale de l'informatique et des télécommunications. Il nous faut faire une révolution culturelle et technologique au moins aussi profonde dans les trente prochaines années. Il nous faut changer nos logements, nos bureaux, nos modes de déplacement, nos loisirs, et même notre alimentation et notre agriculture.

C'est possible, si chacun fait sa part du travail, et si nous nous y mettons tous aujourd'hui. La prochaine Stratégie Nationale Bas Carbone ne sera pas un exercice en chambre de technocrates et de modélisateurs, même si elle les mobilise.

Elle ne peut pas non plus être une démarche comparable à celle du Plan d'après-guerre qui avait mobilisé les représentants des diverses composantes de la société, pouvoirs publics, syndicats, financiers : nous avons besoin de beaucoup plus d'innovation, nous ne pouvons compter sur les seules solutions existantes et surtout nous devons aussi mobiliser les citoyens, qui sont aussi consommateurs, contribuables, salariés ou entrepreneurs, parents des jeunes générations, et sans qui rien n'est possible.

Nombre d'entre eux sont déjà engagés, ont initié des changements dans leur façon de vivre ou de travailler ; ils poursuivront et d'autres les suivront si tous sont persuadés que l'effort est réellement collectif. C'est l'un des rôles que nous pouvons donner à ce numéro des *Annales des Mines* : montrer l'étendue des transformations à conduire dans tous les domaines de la vie du pays.

Certaines se feront spontanément, bien sûr, mais si la décarbonation pouvait se faire spontanément comme l'a fait la transformation digitale, elle serait déjà faite, comme cette dernière ! C'est cela que veut dire l'effort collectif : la neutralité carbone passera par beaucoup d'innovation, mais aussi par des politiques et des mesures incitatives non contraignantes pour tous les acteurs, qui aideront le déploiement des solutions à l'échelle et à la vitesse nécessaires.

Notre pays a beaucoup à y gagner ; il a su allier dans le passé rôle géostratégique mondial, intérêts économiques et bien-être de ses habitants. Nous nous assurerons d'entraîner toujours plus d'alliés dans cette transformation pour qu'elle se fasse à notre avantage. C'est pour cela que nous devons être nombreux à partager la même détermination et le même objectif – celui de la neutralité carbone.

Je suis confiant que ce numéro des *Annales des Mines* y contribuera.



AVEC DES NOYAUX D'OLIVES, ON CONTRIBUE À ÉVITER LES PÉPINS CLIMATIQUES



Tanger, Maroc. Veolia transforme des noyaux d'olive en énergie thermique pour la première usine automobile avec zéro émission carbone au monde. Découvrez comment sur [veolia.com](https://www.veolia.com).

L'Europe, zéro émission nette en 2050 ?

Par Claire TUTENUIT

Délégué général d'Entreprises pour l'Environnement (EpE)

Lorsque la proposition de faire ce numéro de *Responsabilité et Environnement* a été adoptée, en janvier 2017, les débats ont été assez animés au sein du Comité de rédaction des *Annales des Mines* : quel allait être l'objectif de ce numéro ? Serait-ce une prospective ? Un acte militant ? L'objectif de la neutralité carbone en 2050 paraissait irréaliste, voire contestable : pourquoi aller au-delà de l'Accord de Paris, qui prévoit l'atteinte de cette neutralité « seulement » avant la fin du siècle ?

Le rythme de la vie politique et le changement de gouvernement ont donné une tout autre actualité à ce sujet : le gouvernement français s'est effectivement fixé cet objectif dans son nouveau Plan Climat et entend réviser la Stratégie nationale bas carbone dès cette année en y intégrant les – ou certaines des – mesures nécessaires pour atteindre cet objectif. Dans sa préface, M. le ministre de la Transition écologique et solidaire a rappelé les raisons de cette décision ambitieuse. Les grandes entreprises françaises ont aussi annoncé à l'été 2017 ⁽¹⁾ leur intention de construire avec les pouvoirs publics la trajectoire conduisant à cette neutralité carbone. D'autres pays européens ont fait des annonces allant dans le même sens : les pays scandinaves, la Grande-Bretagne et l'Allemagne (dont la trajectoire, approuvée par son Parlement, est décrite dans ce numéro de *Responsabilité et Environnement*).

L'horizon de 2050 peut paraître lointain, mais les transformations à conduire sont telles que ce délai est indispensable : trente ans, c'est en fait plutôt court pour mener à bien à la fois une révolution énergétique et une révolution industrielle ; c'est aussi la durée d'une génération, le minimum requis pour généraliser de nouveaux modes de vie et de consommation... D'ailleurs, bien des exemples montrent qu'en se donnant un objectif lointain, il est possible de développer et déployer des solutions de rupture qui auraient semblé trop marginales et trop coûteuses dans un scénario à quinze ans. Élaborer dès aujourd'hui une stratégie à l'horizon 2050 permet d'en accroître l'ambition.

Comme le dit le ministre, dans sa préface, l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 par notre pays n'est possible qu'au prix d'une action conjuguée et cohérente de tous les acteurs, grâce à un effort partagé par tous. Ce numéro de *Responsabilité et Environnement* s'efforcera de montrer les défis que représente la neutralité carbone pour différentes activités, d'identifier les obstacles à lever et d'anticiper les difficultés et les résistances pour les gérer avec cet horizon 2050 comme objectif partagé.

Ce numéro comporte essentiellement des analyses de la situation française : la France s'est en effet explicitement donné cet objectif et se trouve plutôt mieux placée que beaucoup d'autres pays pour y parvenir, puisque sa production d'électricité est pour l'essentiel décarbonée. Elle peut ainsi s'attacher à réduire les émissions des autres secteurs et constituer un pilote pour certaines transformations. Les articles sur la politique climat de Berlin et la trajectoire de décarbonation allemande montrent cependant que même des économies fortement dépendantes du charbon ou du pétrole (comme celles de la Grande-Bretagne et des pays scandinaves) partagent elles aussi l'ambition de parvenir à la neutralité carbone.

La vision d'une France neutre en carbone dès 2050 devrait donc permettre de préfigurer une Europe neutre en carbone à cette même échéance (ou peu après).

Ce numéro de *Responsabilité et Environnement* porte tout d'abord sur la composante technique de cette neutralité carbone sur le territoire français ou européen, et ce, dès 2050. De quoi s'agit-il ? Les émissions de gaz à effet de serre du territoire français sont aujourd'hui de 450 MteqCO₂ par an :

- secteur **énergétique** : 80 MteqCO₂ produits par les centrales électriques thermiques ;
- secteurs **résidentiel** et tertiaire : 110 millions de tonnes (chauffage des bâtiments au gaz, au fioul ou au charbon et utilisation de ces combustibles par des PME) ;
- **mobilité** : 130 millions de tonnes émis par le carburant de nos véhicules, mais aussi de l'aviation et du transport de marchandises ;
- **industrie** : 105 millions de tonnes émis par la combustion (pour des industries « chaudes ») ou les émissions de *process* non substituables par un changement d'énergie, et qui, par conséquent, ne peuvent être annulées ; rappelons que l'industrie est également responsable d'émissions de gaz autres que le gaz carbonique, comme les gaz fluorés ;
- **agriculture** : environ 12 % des émissions, principalement de protoxyde d'azote (N₂O) libéré par les engrais azotés et de méthane (l'élevage des ruminants) ;
- **traitement des déchets** : les décharges sont émettrices de méthane, un gaz au pouvoir radiatif élevé, à hauteur du MteqCO₂. Les solutions existent, à partir de la capture du méthane.

(1) Lettre EpE n°43, juillet 2017.

Comment annuler, ou en tout cas très fortement réduire les émissions de chacun de ces secteurs ? Certaines pistes sont bien connues, d'autres sont plus hypothétiques. Certaines sont technologiques et d'autres font appel à des changements de comportements, voire de modes de vie. Le fait de rassembler dans un même numéro l'ensemble des pistes envisageables permet de se rendre compte du potentiel et des conditions du déploiement des solutions les plus porteuses, mais aussi des obstacles les plus critiques, et de mieux appréhender les enjeux inhérents à chacune de ces solutions.

Ce numéro de *Responsabilité et Environnement* est construit en deux parties : dans la première, il s'agit de montrer les réponses technologiques envisagées pour atteindre la neutralité carbone et d'identifier les conditions de leur maturité et de leur déploiement. Chaque secteur de l'économie peut y contribuer, et surtout un secteur nouveau, qui jusqu'ici n'a été ébauché que dans un pilote, la capture du CO₂, une technologie qui permet le retrait du CO₂ de l'atmosphère en vue de sa réutilisation ou son stockage.

C'est pourquoi ce numéro commence par un article du maire de Berlin, M. Michael Müller : cette ville a adopté en 1990 un objectif de réduction de 85 % de ses émissions avant 2050. Sa stratégie comporte un large éventail des solutions déjà disponibles tant dans le résidentiel tertiaire que dans la mobilité et la production d'électricité.

Le défi le plus évident à relever est celui du secteur énergétique. L'article de Didier Houssin explore les solutions notamment en matière de puits de carbone, puisque ceux-ci sont indispensables au maintien en Europe des industries aux *process* fortement émetteurs de gaz à effet de serre qui ne peuvent pas être converties à l'électricité décarbonée.

Vient ensuite la mobilité, qui est le secteur dans lequel la substitution des carburants fossiles est la plus difficile techniquement et économiquement, secteur où les options sont nombreuses et où le nombre des acteurs impliqués est le plus grand. Un large groupe d'acteurs (publics et privés) de ce secteur a déjà produit une feuille de route mondiale de réduction de ces émissions qui identifie les défis majeurs restant à relever. La feuille de route européenne peut-elle être plus ambitieuse que cette trajectoire mondiale, et viser elle aussi 2050 ?

Que ce soit pour assurer la répartition de la biomasse entre différents usages (les 4F : *food, fuel, feed et fiber*) pour répondre aux besoins alimentaires de 10 milliards d'habitants, pour réduire ses propres émissions ou pour absorber le CO₂ produit par les autres secteurs, l'agriculture et l'alimentation font partie des solutions à fort potentiel.

Enfin, le recours à l'économie circulaire est un champ d'innovation qui, s'il a été déjà bien exploré, est loin d'avoir donné tout son potentiel. Peut-on la considérer comme une solution significative sans engager en parallèle une réduction des volumes de matière que nous utilisons ? L'article de Dominique Bourg explore cette transformation de notre modèle de développement et sa faisabilité.

Au-delà de ces grandes solutions techniques, la question de leur déploiement généralisé par tous les acteurs est un autre défi qui fait l'objet de la seconde partie de ce numéro de *Responsabilité et Environnement*. Quels acteurs doivent être mobilisés ? Au moyen de quelles politiques ? Quels sont les obstacles sociétaux à lever ?

Cette seconde partie commence par la présentation des travaux déjà engagés par la France et l'Allemagne pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Pour la France, le premier article présente les outils disponibles pour élaborer de nouveaux scénarios au fur et à mesure que de nouvelles solutions apparaîtront et pour construire avec les acteurs concernés une trajectoire réaliste et d'un coût minimal. Pour l'Allemagne, qui est un peu plus en avance dans sa programmation, le second article présente la trajectoire d'une réduction de 95 % des émissions de ce pays, pour atteindre environ 60 millions de tonnes en 2050.

La mobilisation des acteurs économiques fait partie de la gestion de cette transition. L'article de Maria Mendiluce montre comment, dans le monde entier, les entreprises se sont emparées du sujet pour le transformer en opportunités d'innovations, d'investissements et de créations d'activités, si possible plus rapides que la réduction des émissions des secteurs les plus émetteurs.

Les difficultés sociales de la transition sont à prévoir aussi dans d'autres secteurs que le secteur énergétique : le secteur des véhicules thermiques, et plus particulièrement des secteurs aujourd'hui fortement utilisateurs d'énergies fossiles, comme le transport routier de marchandises ou la pêche, risquent de se trouver confrontés à de tels enjeux. L'article de Laurent Berger montre que l'anticipation par les pouvoirs publics et par les secteurs d'activité concernés est sans doute la meilleure façon de surmonter cette difficulté.

Cette seconde partie de ce numéro de *Responsabilité et Environnement* se poursuit avec deux articles sur la réduction des émissions du secteur énergétique, l'un de l'administration, qui intègre le climat avec les autres enjeux de la politique énergétique, et l'autre d'une ONG, qui aborde de front la question de la sortie des ressources fossiles pour la France entière, ce qui sera sans doute encore plus difficile que sa sortie du charbon dans les années 1970 et 1980.

L'article de Jean-Dominique Sénard, président d'EpE⁽²⁾, s'appuie sur l'expérience des entreprises les plus volontaires en matière d'incitation des consommateurs à changer leurs comportements, voire leurs modes de vie et leurs façons de consommer, pour réduire leurs émissions. Cet article met en évidence le fait que les consommateurs, même s'ils sont attirés par les solutions décarbonées, ne les adopteront que trop lentement en l'absence de politiques publiques incitatives, voire contraignantes. La neutralité carbone ne pourra être atteinte qu'au prix de politiques et de mesures à envisager et à annoncer

(2) *Entreprises pour l'Environnement*, www.epe-asso.org

parfois longtemps à l'avance, comme l'a déjà fait le gouvernement en annonçant la fin de la vente des véhicules thermiques en 2040.

Dans la construction d'une stratégie, le réalisme financier est indispensable. Combien coûtera cette transformation, et qui la financera ? Quelle relation ont ces flux financiers avec les politiques et les mesures à prendre par les pouvoirs publics ? En théorie économique, le prix du carbone est une réponse suffisante ; dans le monde réel, ce n'est pas le cas, notamment lorsqu'il s'agit d'investir sur le long terme. Comment combiner les différents outils de politique économique disponibles ? Plusieurs articles montrent les dilemmes auxquels sont confrontés les pouvoirs publics, par exemple lorsqu'il s'agit de prendre le risque de tuer la poule aux œufs d'or, que les combustibles et carburants fossiles représentent pour le budget de l'État. Comment en sortir sans identifier des sources alternatives de revenus ? Le carbone peut-il en être une ?

Enfin, le dernier article replace la France dans le contexte de l'économie mondiale globalisée : la France, à l'instar de l'Europe, ne peut agir seule sans prendre le risque de délocaliser des secteurs entiers de production – et cela au moment où la décarbonation demanderait plutôt de revenir à des productions davantage locales. La France porte ce sujet au niveau international, notamment à travers l'*International Chamber of Commerce* et la mobilisation de l'Organisation mondiale du commerce.

Y a-t-il des acteurs qui ne seront pas impliqués à un moment ou un autre dans cette transition ? Même si elles ne sont pas dédiées à la décarbonation, toutes les politiques publiques de l'État et des collectivités locales devront in-

tégrer les exigences de celle-ci : politique industrielle et énergétique, enseignement, aménagement du territoire, défense, agriculture, culture... : le travail à accomplir est immense. De prochains numéros de *Responsabilité et Environnement* permettront sans aucun doute d'y revenir tout au long des trente années nécessaires à cette transformation.

Ce numéro de *Responsabilité et Environnement* se veut donc surtout un outil de dialogue : plus grand sera le nombre des acteurs qui participeront à la neutralité carbone ou qui en débattront, et plus rapide sera la prise de conscience, mieux acceptée sera la perspective de ce changement et plus innovantes seront les solutions.

Les défis sont immenses. Le succès est loin d'être assuré. Mais... « impossible n'est pas français ! ».

Les acteurs français, encore porteurs de l'élan de la COP 21 et soucieux que l'Accord de Paris soit un succès dans le long terme, peuvent lui donner une impulsion décisive, et sans aucun doute communicative pour d'autres pays.

Au vu des décisions chinoises ou indiennes, il est sans doute aussi de l'intérêt de notre pays de s'engager au plus tôt dans cette direction, sauf à se faire dépasser... et à se voir imposer des solutions moins profitables à l'économie européenne.

Nous espérons en tout cas que ce numéro permettra au plus grand nombre de prendre le pari du succès et de s'engager dès maintenant pour une Europe ZEN – à zéro émission nette –, dès 2050 !

Berlin, la neutralité carbone en 2050 ⁽¹⁾

Par Michael MÜLLER
Maire de Berlin

Le Sénat de Berlin poursuit les objectifs de long terme de faire de Berlin, d'ici à 2050, une ville neutre en carbone et de réduire ses émissions de dioxyde de carbone d'au moins 85 % par rapport à 1990. C'est ainsi que Berlin, à l'instar de nombreuses autres métropoles internationales, réagit au changement climatique. Les objectifs de préservation du climat sont devenus juridiquement contraignants depuis l'entrée en vigueur, en 2016, de la loi berlinoise de transition énergétique. Cette loi oblige le Sénat de Berlin à présenter au Parlement de cette même ville une « feuille de route » pour la neutralité carbone, appelée programme d'énergie et de préservation climatique. Le Sénat a adopté, en juin 2017, ce programme qui comporte les stratégies et mesures concrètes à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif dans cinq champs d'action (énergie, transports, bâtiment et urbanisme, économie et ménages et consommation) et pour permettre l'adaptation de Berlin aux conséquences du changement climatique. La mise en œuvre de ce plan va s'étendre jusqu'en 2020, avec pour horizon de développement 2030. Ce programme doit être actualisé régulièrement.

La préservation du climat dans les villes

L'importance de l'action des villes en faveur de la préservation du climat

Les efforts de Berlin dans le domaine de la préservation du climat reposent sur une idée de base. Il sera absolument impossible sans une contribution forte des villes d'atteindre les objectifs climatiques de l'Accord international de Paris, c'est-à-dire la limitation du réchauffement terrestre bien en-dessous de 2° Celsius – idéalement à 1,5° Celsius – par rapport au niveau préindustriel. Sans faire abstraction du fait que les problèmes associés au réchauffement global se posent non seulement au niveau étatique, mais aussi au niveau local et plus particulièrement urbain, les villes portent en la matière une responsabilité particulière à l'échelle mondiale, accueillant plus de 50 % de la population mondiale et produisant près de 70 % des émissions de gaz à effet de serre. Cette situation est renforcée par une tendance mondiale à une urbanisation toujours plus forte, une évolution manifeste à Berlin dont la population ne cesse de croître. On observe de plus en plus les manifestations concrètes du changement climatique dans cette ville, comme la multiplication de phénomènes fortement pluvieux ou la hausse de la température moyenne. Des villes comme Berlin sont donc directement touchées par le changement climatique, mais elles constituent dans le même temps une partie de la solution au travers de leurs politiques climatiques.

La situation de départ à Berlin

Capitale fédérale de l'Allemagne, Berlin, qui compte aujourd'hui environ 3,7 millions d'habitants, a déjà obtenu quelques résultats grâce à sa politique climatique. Depuis les années 1990, ses émissions de CO₂ ont pu être réduites d'un tiers sous l'effet de différents facteurs, parmi lesquels les modifications enregistrées dans sa structure économique suite à la réunification et l'adoption de mesures ciblées par le Sénat ⁽²⁾. Ces émissions atteignent aujourd'hui environ 17 millions de tonnes par an (soit 4,9 tonnes par habitant). Un découplage a aussi été atteint, le développement économique positif de Berlin au cours des dernières années et la forte croissance de sa population ne s'étant pas traduit (du moins jusqu'à présent) par une augmentation des émissions de CO₂. Parmi les mesures mises en œuvre au cours des dernières décennies figurent des accords de préservation du climat conclus avec les grands énergéticiens de Berlin, les écoles et les acteurs locaux du secteur du logement. Environ 1 400 bâtiments publics ont ainsi déjà fait l'objet d'une optimisation énergétique dans le cadre d'une contractualisation dénommée « *Energiespar-Contracting* ». Chaque année ont lieu les journées berlinoises de l'énergie (« *Berliner Energietage* »),

(1) Traduit de l'allemand par François Valérian.

(2) Le Sénat est l'organe dirigeant de la ville-Land de Berlin, il se compose du maire et de dix sénateurs [NdT].

qui sont devenues en Allemagne la plus grande manifestation consacrée à l'efficacité énergétique. Des projets éducatifs dans les écoles et les maternelles permettent d'ancrer le sujet de la préservation climatique dans les programmes d'enseignement.

Berlin dispose encore d'un potentiel sensible d'amélioration, en particulier dans les secteurs du bâtiment et des transports, qui sont responsables de plus de 50 % des émissions de CO₂. Il existe aussi un réel besoin de rattrapage en matière de développement des énergies renouvelables, leur part dans la consommation d'énergie primaire n'étant que de 3,9 %. Les combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole et charbon) continuent de dominer. Mais une conviction devient de plus en plus forte : celle de la nécessité d'accroître, grâce à un traitement stratégique, le potentiel de réduction du CO₂ au niveau de la ville, et de s'imposer des efforts de préservation climatique nettement plus ambitieux, pour pouvoir contribuer efficacement à la limitation du réchauffement climatique global. Cela vaut d'autant plus pour Berlin, la capitale fédérale du pays natal de la transition énergétique, qui se veut être une vitrine pour de nombreuses autres métropoles du monde entier et entend jouer un rôle de modèle.

Sur le chemin d'un affinement des concepts d'énergie et de préservation climatique dans la perspective de 2030

Poser les fondements juridiques : la loi de transition énergétique

En 2011, nous avons adopté un double objectif politique : faire de Berlin, d'ici à 2050, une ville neutre en carbone et réduire ses émissions de CO₂ d'au moins 85 % par rapport à 1990 (avec des seuils de réduction intermédiaires de 40 % d'ici à 2020 et de 60 % d'ici à 2030). Cet objectif a reçu force contraignante depuis l'entrée en vigueur, en 2016, d'une loi berlinoise de transition énergétique (*Energiewendegesetz Berlin* ou EWG Berlin), laquelle a érigé la préservation climatique en impératif de long terme à Berlin.

La loi ne fixe pas d'obligations directes aux citoyennes et citoyens, elle ne s'adresse qu'aux pouvoirs publics. Ainsi, le Sénat de Berlin a l'obligation de présenter au Parlement⁽³⁾ de cette même ville un programme d'énergie et de préservation climatique (*Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm* ou BEK). Ce programme doit constituer la feuille de route menant vers la neutralité carbone et comporter des stratégies et mesures concrètes à mettre en œuvre pour permettre l'atteinte des objectifs climatiques. Il est prévu par la loi d'actualiser le BEK au bout de cinq ans et de contrôler sa mise en œuvre dans la durée. Par ailleurs, la loi prescrit pour les pouvoirs publics un rôle de modèle en matière de préservation climatique. Le Sénat, entre autres, a l'obligation de présenter d'ici à 2019 un plan contraignant pour lui-même et les administrations d'arrondissement afin que celles-ci atteignent le plus rapidement possible la neutralité carbone. La loi prévoit de poursuivre (d'ici à 2050) la rénovation énergétique globale des bâtiments publics, avec des plans de rénovation

développés à cette fin. L'EWG Berlin comporte par ailleurs des prescriptions pour l'adaptation de cette ville aux conséquences du changement climatique, le développement d'une production et d'une distribution d'énergie climatiquement supportables, et la mise en œuvre d'actions éducatives portant sur le climat. Actuellement en discussion, un amendement à la loi viserait à entériner sur le plan légal la sortie effective du charbon pour la production énergétique de Berlin, ce qui permettrait de réduire significativement ses émissions de CO₂. 2017 a marqué l'engagement d'un processus visant à ne plus faire appel aux centrales au lignite (les plus polluantes) pour assurer la production d'électricité.

Établir les fondements scientifiques de l'objectif de neutralité carbone et créer les conditions de l'acceptabilité sociale de son atteinte

Une étude de faisabilité a été réalisée pour nous assurer que l'objectif de la neutralité carbone à Berlin était tout simplement atteignable. Des résultats de cette étude publiés au début de 2014, il ressort qu'une réponse positive peut être apportée à cette interrogation à la condition toutefois que les bonnes orientations soient prises pour pouvoir diminuer globalement la consommation d'énergie et accroître de manière significative à la fois l'efficacité énergétique et la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Une deuxième étude scientifique a cherché à préciser les potentiels d'amélioration et les processus concrets à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif de la neutralité carbone. Il en est résulté pour chacun des cinq champs d'action précités (pour mémoire, l'énergie, le bâtiment et l'urbanisme, l'économie, les ménages et la consommation, et les transports) des recommandations en termes de stratégies, de mesures et de projets phare à mettre en œuvre pour faire de Berlin une ville neutre en carbone. Une troisième et dernière étude a débouché sur des recommandations quant aux mesures à adopter pour favoriser l'adaptation de Berlin aux conséquences du changement climatique, des mesures rassemblées sous l'acronyme d'AFOK.

Cet important travail de réflexion s'est caractérisé par une large participation non seulement d'experts mais aussi du public, dans le cadre notamment de forums urbains, d'ateliers et d'une procédure de consultation *via* Internet. Cette participation élargie doit devenir la règle à l'avenir. En septembre 2017, nous avons installé un Conseil berlinois pour la préservation du climat composé d'experts issus des mondes de l'entreprise, des sciences et de la société civile. Il est demandé à ce Conseil de se faire une idée précise de l'état de l'opinion avant toute prise d'initiative politique ou formulation de propositions de solutions par la ville dans le cadre de sa politique énergétique et climatique. Ce comité doit également être une instance de liaison entre le public et l'administration. Il doit permettre que se noue un dialogue de long terme avec la société urbaine, pour permettre d'ancrer davantage encore dans le public le thème de la préservation du climat.

(3) Le Parlement est l'organe législatif de la ville-Land de Berlin [NdT].

Stratégies et mesures à mettre en œuvre dans les différents champs d'action retenus

Sur le fondement des résultats des différentes études mentionnées plus haut, un programme d'énergie et de préservation du climat 2030 (BEK 2030) propre à la ville de Berlin a été adopté par son Sénat, le 20 juin 2017, avant d'être soumis pour approbation au Parlement de cette même ville. Il comporte 95 mesures pour les cinq champs d'action retenus, ainsi qu'en ce qui concerne l'adaptation de Berlin aux conséquences du changement climatique. La mise en œuvre des mesures de ce plan s'étendra jusqu'en 2021, avec pour horizon de développement 2030.

Dans le champ d'action Énergie, l'un des principaux défis à relever est la transformation de l'approvisionnement énergétique de Berlin, qui doit se concrétiser par un abandon des combustibles fossiles au profit du déploiement d'énergies renouvelables. Pour y parvenir, il va falloir que nous adaptions les infrastructures (décentralisées) existantes, que nous recourions plus largement aux options de flexibilité à notre disposition (voire en générer de nouvelles), parmi lesquelles le déploiement de centrales de cogénération au gaz, l'utilisation de solutions de stockage de la chaleur et de l'électricité, le déploiement massif de l'énergie solaire, l'utilisation de pompes à chaleur géothermique ; il nous faudra aussi soutenir plus fortement des dispositifs comme le *Power-to-Heat* ou le *Power-to-Gas*. La centrale municipale de production d'électricité créée en 2014 est un acteur important de la concrétisation de ces différentes initiatives.

Dans le champ d'action Bâtiment et urbanisme, nous avons décidé de miser sur un mix de mesures spécifiques reposant sur des incitations, des conseils aux acteurs privés et l'exemplarité de la puissance publique. La rénovation du parc immobilier à un taux annuel moyen de 2 % jusqu'en 2050 doit être réalisée d'une manière socialement acceptable et dans le respect du patrimoine architectural.

Les mesures du champ d'action Transports doivent continuer de s'appuyer sur un changement dans nos habitudes d'utilisation des moyens de transport, en privilégiant l'éco-mobilité. Il faut améliorer l'offre locale de transport public et favoriser l'essor des modes de déplacement doux (développer les voies cyclables, accroître les espaces piétons). En parallèle, il faut continuer de développer les offres de mobilité partagée et améliorer la gestion des espaces de stationnement. Par ailleurs, la part des véhicules utilisant des combustibles fossiles doit être progressivement réduite à Berlin au profit de véhicules recourant à des modes alternatifs de propulsion. De même, il faut faire en sorte que, de manière générale, la consommation de combustibles et d'énergie diminue. En ce qui concerne leurs parcs automobiles, les administrations doivent être à la pointe de cette transition énergétique.

Dans le champ d'action Économie, il a été décidé de soutenir l'amélioration de l'efficacité énergétique par le déploiement d'une activité de conseil et la mise en réseau des petites et moyennes entreprises. Dans les différentes zones d'activité, des actions de politiques énergétique

et climatique seront définies et un soutien sera apporté à leur mise en œuvre. Un engagement des entreprises berlinoises devra être obtenu, notamment au travers de la poursuite et de l'intensification des accords de préservation du climat.

Les actions visant à l'adoption de comportements de consommation favorables au climat est l'élément primordial du champ d'action Ménages et consommation. À cet effet, les offres de conseil doivent être améliorées, des projets modèles soutenus et de nouvelles incitations mises en place. Il convient de noter à cet égard l'importance prise par les nouvelles offres d'éducation au développement durable proposées dans les écoles maternelles et les autres établissements d'enseignement.

Dans le domaine de l'adaptation au changement climatique, les mesures prises ont, par exemple, pour objectif d'optimiser les systèmes d'alerte sollicités lors des épisodes de canicule. En outre, il conviendra d'améliorer les connaissances et les compétences de la population en matière de santé, ainsi que de mieux former les personnels médicaux de façon à ce que les risques soient identifiés à temps pour que des mesures individuelles de protection adaptées puissent être prises. Par ailleurs, les espaces de détente et de rafraîchissement mobilisables en période de fortes chaleurs seront développés, des espaces verts exempts de toute construction seront créés et la résilience de la ville sera accrue grâce à la création d'un plus grand nombre d'espaces verts. Du fait de la multiplication des épisodes de fortes précipitations, la gestion des eaux de pluie devra être améliorée. Et n'oublions pas que les forêts berlinoises jouent un rôle majeur dans la régulation du climat de la ville, leur gestion devra donc être adaptée pour répondre de façon optimale aux défis du changement climatique.

La signification de la préservation du climat pour Berlin en tant que région économique

Pour atteindre les objectifs climatiques ambitieux que s'est fixé le *Land* de Berlin, il est indispensable que l'économie locale apporte une contribution significative. Les émissions de CO₂ des entreprises doivent être réduites de 78 % d'ici à 2050 par rapport à leur niveau de 2012. Le défi est donc d'arriver à découpler durablement croissance économique et évolution à la hausse des émissions de CO₂. Mais l'essentiel est que la transition énergétique se traduise avant tout par de nombreuses et nouvelles opportunités en matière de création de valeur locale et par des solutions d'avenir contribuant à la fois à une meilleure qualité de vie et au développement économique de la métropole.

Le BEK 2030 décrit ces potentiels. La mise en œuvre des mesures qu'il prescrit doit se traduire par des effets notablement positifs pour la création de valeur et d'emplois en région métropole. Pour la seule année 2030, on estime que leur impact en matière de création de valeur devrait être de 85,7 millions d'euros et que 3 000 emplois (en équivalent temps plein) liés à la rénovation énergétique des bâtiments pourraient être créés. En 2050, la créa-

tion de valeur induite par le déploiement et l'exploitation d'installations productrices d'énergie renouvelable pourrait s'élever jusqu'à 130 millions d'euros. Et ce sans qu'il soit tenu compte dans ces estimations des effets liés à la construction desdites installations et à la fabrication de leurs composants, aux efforts de recherche et développement consacrés au déploiement d'une énergie intégrée répondant à nos besoins en matière d'électricité, de chaleur et de transport, et à la généralisation de solutions de type *Power-to-Heat* ou *Power-to-Gas*.

Berlin se veut dès à présent comme un haut lieu de la fabrication des composants de nouvelle génération nécessaires à la production et à la distribution d'énergie. Cette ville est également reconnue comme un centre renommé de recherche et développement sur tous les thèmes liés à la transition énergétique. Ainsi, ce sont déjà près de 56 500 salariés qui travaillent dans 6 400 entreprises du secteur de l'énergie, lesquelles génèrent un chiffre d'affaires annuel de 30 milliards d'euros.

De plus, la transition énergétique – tout comme la transition de la mobilité qui lui est liée – est synonyme d'Eldorado pour les modèles de l'économie numérique. De grands projets de constitution de consortium, comme WindNode, montrent que l'intégration d'énergies renouvelables par nature volatiles dans le réseau électrique peut, grâce à une mise en réseau intelligente de tous les acteurs du système, s'avérer économiquement viable. Berlin, à l'instar

des nouveaux *Bundesländer*⁽⁴⁾, se comporte en véritable centre de charge intelligent et a vocation à devenir une ville de référence en matière de transition énergétique intelligente à travers son nouveau projet phare, celui de l'énergie et de la ville intelligentes.

En marge de ces projets collaboratifs, de nouvelles opportunités économiques émergent non seulement à l'initiative d'acteurs globaux et de PME, mais aussi à celle de *start-ups*. C'est précisément cette action combinée de PME innovantes et du monde dynamique des *start-ups* présentes à Berlin qui donne cette impulsion nécessaire pour aborder toutes les grandes thématiques de la transition énergétique et contribuer à un développement urbain durable faisant de cette ville à la fois un lieu de vie et une locomotive économique pour sa région.

Pour les entreprises publiques, les transitions de l'énergie et de la mobilité sont elles aussi synonymes de nouvelles chaînes de création de valeur. Le service de nettoyage urbain de la ville de Berlin et les entreprises gestionnaires des services de l'eau et de transport se sont rapprochés pour mettre en place des projets communs de *E-Car-sharing* et de *Data-Sharing*, des solutions efficaces mobilisant le numérique au service de la durabilité.

(4) Les Lands issus de l'ancienne République démocratique allemande, qui ont rejoint en 1990 la République fédérale d'Allemagne [NdT].

Maximiser l'efficacité des puits de carbone : les différentes options

Par Didier HOUSSIN

Président d'IFP Énergies nouvelles

Le cycle naturel du carbone met en jeu de vastes échanges biogéochimiques entre la biosphère, l'atmosphère et l'océan. Ces échanges sont aujourd'hui en déséquilibre à cause des émissions anthropiques de CO₂ issues essentiellement de la combustion d'énergie fossile et aggravées par la déforestation. Le surplus d'émissions de CO₂ dans l'atmosphère s'accumule et provoque le phénomène du réchauffement climatique.

Si la moitié de ce surplus est réabsorbée par des puits de carbone naturels – dissolution de CO₂ dans l'océan, conversion photosynthétique par la biosphère... –, le réchauffement déjà en cours risque de réduire la capacité d'absorption de ces derniers. L'homme peut agir, en premier lieu, en réduisant les émissions de CO₂ dont il est responsable. Il peut également maximiser l'efficacité de trois puits de carbone dont les capacités sont à même de réduire notablement l'accumulation atmosphérique de CO₂ : la transformation de l'usage des sols, le stockage géologique de CO₂ et, enfin, la transformation du CO₂ en divers produits.

C'est par une meilleure complémentarité entre ces différentes approches que la lutte contre le réchauffement climatique sera la plus efficace.

Réchauffement climatique et cycle du carbone

Le réchauffement climatique désigne le phénomène d'augmentation de la température sur la Terre depuis la révolution industrielle (IPCC, 2013). Les activités humaines, en augmentant les concentrations en gaz à effet de serre (GES) et en aérosols dans l'atmosphère, affectent les quantités d'énergie réfléchie par la Terre du fait de l'absorption par les GES d'une partie du rayonnement réémis. Ce déséquilibre du bilan énergétique du système terrestre (quantité d'énergie renvoyée inférieure à celle reçue) est à l'origine du réchauffement de la Terre. Les principaux GES émis par les activités humaines sont le dioxyde de carbone (CO₂), le protoxyde d'azote (N₂O) et le méthane (CH₄). Sur ces trois GES, le CO₂ est le principal contributeur. Sa concentration dans l'atmosphère a augmenté de plus de 40 % depuis le début de l'ère industrielle, passant de 280 parties par million (ppm) en 1750 à plus de 400 ppm actuellement. Les émissions de CO₂ font partie du cycle biogéochimique du carbone. Celui-ci régit les flux de carbone circulant entre les quatre principaux réservoirs de carbone qui se distinguent par des dynamiques de renouvellement variées :

- un réservoir à cycle de renouvellement « lent » (plus de 10 000 ans) : la lithosphère, qui renferme de très grandes quantités de carbone⁽¹⁾ ;

- trois réservoirs à cycles de renouvellement « rapides » : l'atmosphère, les océans et la biosphère. Dans ces trois réservoirs à renouvellement rapide, les océans contiennent près de 90 % du carbone, le reste se répartissant entre la biosphère (8 %) et l'atmosphère (2 %).

C'est entre ces réservoirs « rapides » que la majorité des flux de carbone a lieu. Les échanges annuels entre l'atmosphère et la biosphère représentent 440 gigatonnes (Gt) de CO_{2eq}/an, et ceux entre l'atmosphère et l'océan 290 Gt CO_{2eq}/an. L'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est imputable à la modification des activités humaines, principalement *via* deux mécanismes : la combustion d'énergie fossile (36 GtCO_{2eq}/an) et la déforestation (4 GtCO_{2eq}/an), soit, au total, seulement 5,5 % des échanges. Les océans jouent également un rôle de régulateurs du CO₂ atmosphérique, mais ce phénomène est mal connu à ce jour.

L'océan, un régulateur du climat

L'océan joue un rôle essentiel dans la régulation du climat en absorbant une part significative du CO₂ présent dans l'atmosphère. Depuis 1870, la quantité de carbone absorbée par l'océan s'élève à 540 GtCO_{2eq}, soit 30 % des émis-

(1) Sous la forme de carbonates ou d'hydrocarbures.

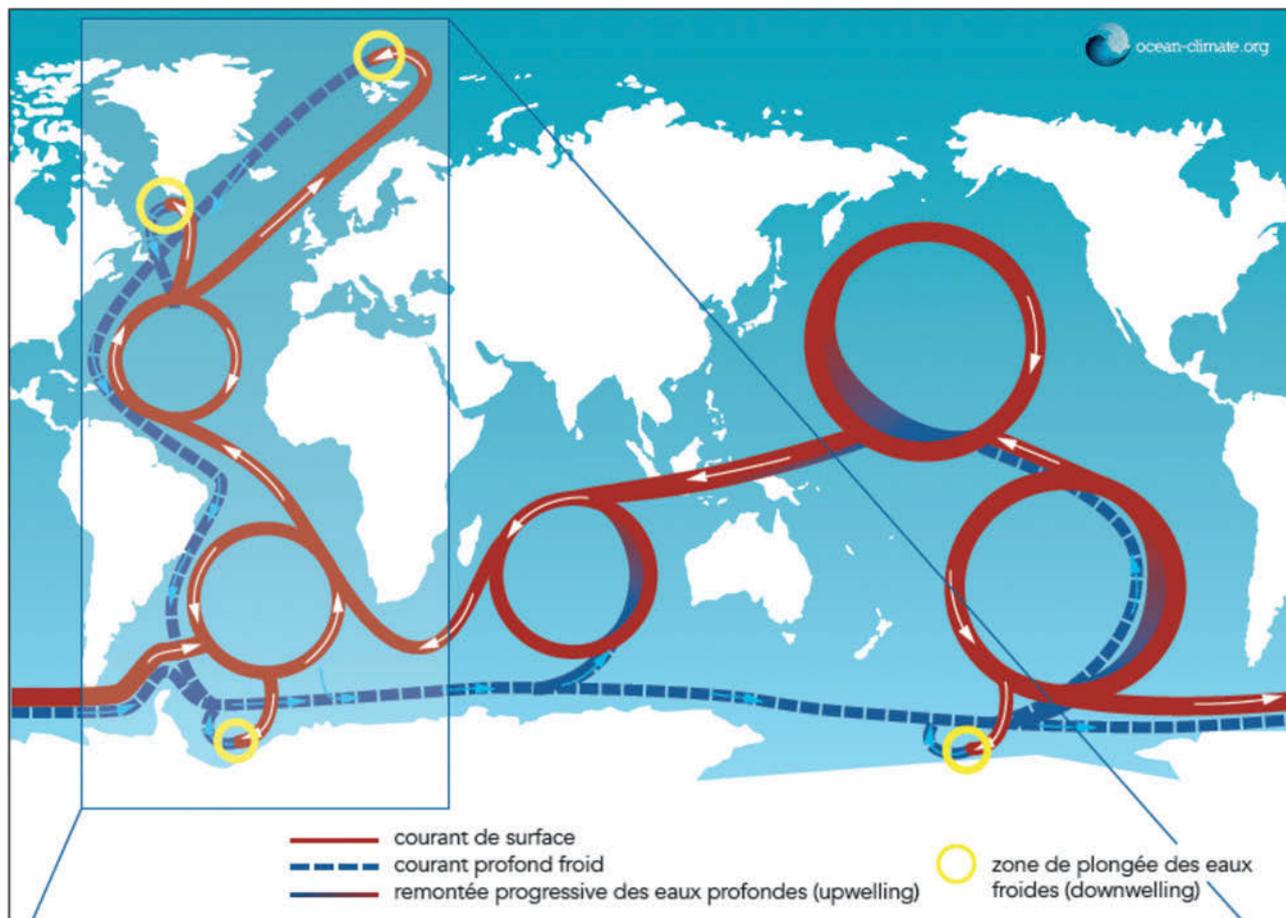


Figure 1 : Schéma simplifié de la circulation océanique de grande échelle.

Source : http://www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2016/11/161115_DIFFCO_FR_08.pdf

sions anthropiques sur la période. L'océan constitue donc un réservoir naturel de carbone (de ~ 150 000 GtCO_{2eq}) sous la forme de CO₂ dissous et d'ions carbonate. Seule la couche de surface de l'océan, qui est au contact immédiat de l'atmosphère, contribue aux échanges de CO₂.

L'océan, une pompe à carbone

La pompe à carbone, actionnée par la photosynthèse, extrait le CO₂ de l'atmosphère et le transfère vers les organismes vivants. Elle génère près de 290 GtCO_{2eq}/an. Seule une partie de cette matière organique migre vers les couches profondes de l'océan. Près de 40 GtCO_{2eq}/an sont ainsi exportées vers les fonds marins et génèrent ainsi la plus grande partie du gradient vertical de carbone. Par ailleurs, sous les hautes latitudes, la densité des eaux de surface augmente du fait d'une dissolution du CO₂ facilitée par leur faible température. Ces eaux de surface, alourdies, plongent alors dans les profondeurs, emportant avec elles le CO₂ qu'elles renferment. Ces processus physico-chimiques constituent le principe de fonctionnement du puits de carbone « anthropique ».

L'acidification de l'océan

La dissolution du gaz carbonique anthropique dans l'océan conduit à son acidification, avec pour conséquences une diminution du pH et de la quantité d'ions carbonate (CO₃²⁻), qui sont indispensables aux plantes et

à nombre d'animaux marins pour fabriquer leur squelette, coquille, etc. L'acidité des océans a ainsi augmenté de 30 % en 250 ans, et ce phénomène s'amplifie (baisse de pH de 8,2 à 8,1). Ses effets et son interaction avec d'autres modifications environnementales mal connues pourraient affecter la biodiversité de certains écosystèmes ainsi que les réseaux alimentaires et, en définitive, impacter gravement l'équilibre de nos sociétés.

Le changement climatique se traduit par des modifications de la température de l'eau (favorisant notamment la formation d'ouragans), des courants marins et de la production biologique océanique. Par ailleurs, les modèles climatiques prédisent un accroissement de la stratification verticale de l'océan, l'augmentation des températures limitant la pénétration du CO₂ dans les profondeurs. Le réchauffement des eaux, en diminuant la solubilité du CO₂, réduit la capacité d'absorption du puits de carbone océanique.

Malgré les incertitudes scientifiques liées à la réponse du vivant au changement climatique, les différentes projections couplant système climatique et cycle du carbone prévoient globalement une dégradation du puits carbone océanique sous l'effet du réchauffement. Les rétroactions climat/cycle du carbone causeraient alors une augmentation « supplémentaire » de la concentration en CO₂ de l'atmosphère.

La biosphère

La biosphère représente l'ensemble des écosystèmes de la Terre. La biosphère terrestre est contenue pour 450 à 650 GtC dans la biomasse résidant en surface, pour 1 500 à 2 400 GtC dans les sols et pour 1 700 GtC dans le permafrost (IPCC, 2013).

Le CO₂ est prélevé dans l'atmosphère par la biomasse *via* la photosynthèse. Converti en carbone organique, il est réémis par la respiration sous la forme de CO₂ ou par la fermentation sous les formes du CO₂ et du CH₄ (méthane). La durée entre le prélèvement du carbone dans l'atmosphère et sa réémission peut être très variable, de la seconde à plusieurs siècles, selon les cycles biologiques successifs dans lesquels ce carbone est impliqué. Il s'agit là d'une différence fondamentale avec le CO₂ d'origine fossile, dont le temps de résidence dans l'atmosphère est de l'ordre de plusieurs milliers d'années.

Le changement d'affectation des sols, en particulier la déforestation, est la seconde cause d'augmentation de la concentration en CO₂ de l'atmosphère. Depuis la révolution industrielle, ce sont près de 40 millions de km² qui ont ainsi été mis en culture ou en pâture, générant une quantité cumulée de CO₂ émis de l'ordre de 650 Gt. Durant cette même période, la biomasse a absorbé près de

580 Gt du CO₂ anthropogénique émis (notamment *via* le boisement/reboisement et du fait d'une augmentation de l'efficacité de la photosynthèse due à un accroissement de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère). Le bilan global est donc une augmentation nette de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère de 72 Gt, en dépit d'un léger ralentissement lors des trente dernières années, passant d'un rythme de 5 GtCO_{2eq}/an sur la décennie 1980-1989 à 4 GtCO_{2eq}/an sur la décennie 2000-2009. Les régions les plus affectées par ces changements dans l'affectation des sols sont l'Amérique du Sud, l'Amérique centrale et l'Asie tropicale. La Figure 2 de la page suivante présente l'évolution des émissions de CO₂ et leur répartition entre les trois grands réservoirs rapides que sont l'atmosphère, les océans et la biosphère.

Plusieurs initiatives internationales coexistent pour promouvoir une gestion plus durable des stocks de carbone dans la biosphère. Depuis 2008, le programme des Nations Unies REDD+ ⁽²⁾ vise à limiter la déforestation et à favoriser l'augmentation du stockage du CO₂ dans la biomasse, par exemple, *via* des pratiques sylvicoles adaptées, notamment des actions de boisement/reboisement.

(2) REDD: Reducing Emissions from Deforestation and (Forest) Degradation.



Photo © UN Photo/ Mark Garten

Le Secrétaire général des Nations Unies, M. Ban Ki-moon (à droite sur la photo), accompagné d'un scientifique, traverse une zone affectée par la déforestation dans la province du Kalimantan central, en Indonésie.

« Depuis 2008, le programme des Nations Unies REDD+ vise à limiter la déforestation et à favoriser l'augmentation du stockage du CO₂ dans la biomasse, par exemple, *via* des pratiques sylvicoles adaptées, notamment des actions de boisement/reboisement. »

L'Initiative 4 pour 1 000, proposée en 2015 par la France dans le cadre de la COP21, a pour objectif d'encourager la séquestration du carbone dans les sols grâce à certaines pratiques agricoles appropriées. En effet, une augmentation relative de 4 pour 1 000 par an des stocks de carbone dans les sols suffirait à compenser l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre de la planète. Cela illustre le levier majeur que représentent les pratiques agricoles dans la lutte contre le changement climatique. On peut, enfin, noter la récente adoption (en septembre 2017) par le Parlement européen d'un projet de règlement sur l'utilisation des terres et de la forêt. Celui-ci prévoit notamment que les émissions dues au changement d'affectation des sols devront être totalement compensées par la reforestation.

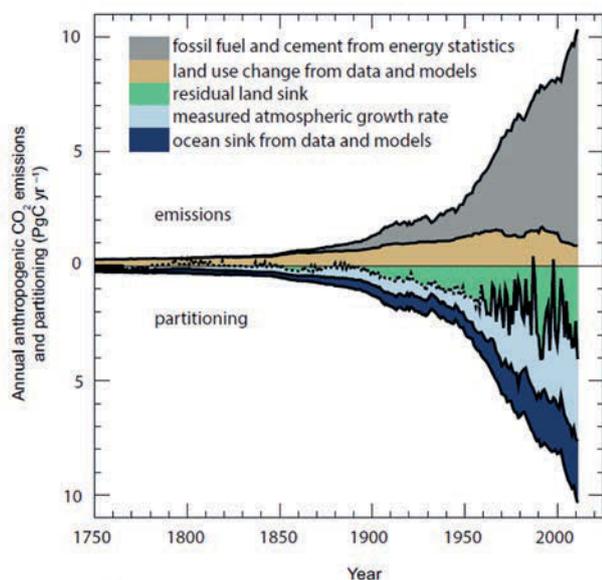


Figure 2 : Émissions annuelles de CO₂ et répartition de celles-ci entre l'atmosphère, la biosphère et les océans (IPCC, 2013).

Le captage-stockage géologique du CO₂ et son utilisation

Le captage-stockage du CO₂

Le captage-stockage du CO₂ (CSC) est une technologie de réduction des émissions de CO₂ s'appliquant tant à la production d'électricité (par centrales thermiques à flamme, au charbon ou au gaz) qu'aux industries fortement consommatrices d'énergie (raffineries, pétrochimie, verre...) ou intégrant un processus intrinsèque émetteur de CO₂ (sidérurgie, industrie du ciment).

Ces secteurs contribuent pour une grande part aux émissions de CO₂ anthropiques. Ainsi, dans son scénario 2DS (IEA, 2016), l'AIE⁽³⁾ évalue à 94 GtCO_{2eq} la contribution du CSC à l'effort de réduction des émissions de CO₂ d'ici à 2050 :

- 2/3 dans la production d'électricité : soit une capacité de 850 GW constituée principalement par des centrales au charbon (ou 12 % de la puissance électrique globale) équipées d'un module de captage du CO₂;

- 1/3 pour des processus industriels : le CSC permettra de réduire l'empreinte CO₂ de la production d'acier de 1,7 à 0,59 tCO₂/tonne en 2050, et celle du ciment, de 60 à 70 %.

Stocker géologiquement le CO₂, c'est l'injecter dans le sous-sol de façon pérenne à une profondeur dépassant les 1 000 mètres⁽⁴⁾. Les réservoirs d'hydrocarbures et les aquifères salins profonds constituent les deux options principales. Leurs capacités excèdent largement les besoins (IPCC, 2005) : les réservoirs d'hydrocarbures offrent une capacité au moins 7 fois supérieure aux 94 GtCO_{2eq} identifiées par l'AIE, et celle des aquifères profonds salins est estimée à 10 000 Gt CO₂.

Le coût du CO₂ évité sur des centrales électriques fonctionnant en base est évalué, aux États-Unis, entre 46 et 55 \$/tCO₂ (centrales à charbon) et à 43 \$/tCO₂ (centrales à gaz) (Global CCS Institute (GCCSI), 2017). Le coût du transport du CO₂ par gazoduc, selon que celui-ci a lieu à terre ou en mer, est évalué entre 1,5 et 3,5 €/tCO₂⁽⁵⁾. Pour un transport par bateau, ce coût varie de 11 à 16 €/tCO₂. Le coût du stockage géologique est estimé par le GCCSI pour l'ensemble transport-stockage entre 7 et 12 \$/tCO₂, si le stockage a lieu à terre, et entre 16 et 37 \$/tCO₂, en mer. Le coût complet varie donc de 50 à 100 \$/tCO₂.

Enfin, le bio-CSC (variante du CSC dans laquelle de la biomasse remplace tout ou partie d'une charge fossile) offre un double dividende : le CO₂ émis par la biomasse étant neutre et ne participant pas à l'accumulation de GES dans l'atmosphère, son captage-stockage conduit à réduire directement la concentration en CO₂ de l'atmosphère.

Les usages du CO₂

La réutilisation du CO₂ peut se faire selon deux voies principales, soit par conversion, et dans ce cas, il entre comme matière première dans un processus de production (exemple : la production d'urée ou de syngas), soit sous la forme de solvants ou de fluides industriels (exemple : la production additionnelle de pétrole par récupération assistée EOR⁽⁶⁾) (voir la Figure 3 de la page suivante).

Certaines réutilisations du CO₂ sont aujourd'hui courantes. C'est le cas de la production de sodium carbonaté, d'urée, de syngas, la récupération assistée du pétrole ou encore de la réfrigération. En revanche, d'autres usages du CO₂, comme la production de polymères (de béton carbonaté, de méthanol, etc.), sont encore à l'étude. Il est nécessaire de s'assurer que la qualité de ces produits convient bien aux usages auxquels ils sont destinés, et au volume de la demande.

(3) AIE : Agence internationale de l'énergie.

(4) À cette profondeur, le CO₂ devient plus dense, maximisant ainsi la quantité stockée par unité de volume.

(5) ZEP : plateforme technologique européenne « Zero Emission Fossil Fuel Power Plant ».

(6) EOR : Enhanced Oil Recovery. Agissant comme un solvant du pétrole, le CO₂ permet de fluidifier celui-ci et d'augmenter ainsi son taux de récupération. À terme, le réservoir d'hydrocarbures est converti en site de stockage de CO₂. Un exemple d'un tel processus est fourni par l'injection de CO₂ dans le gisement de Weyburn (au Canada).

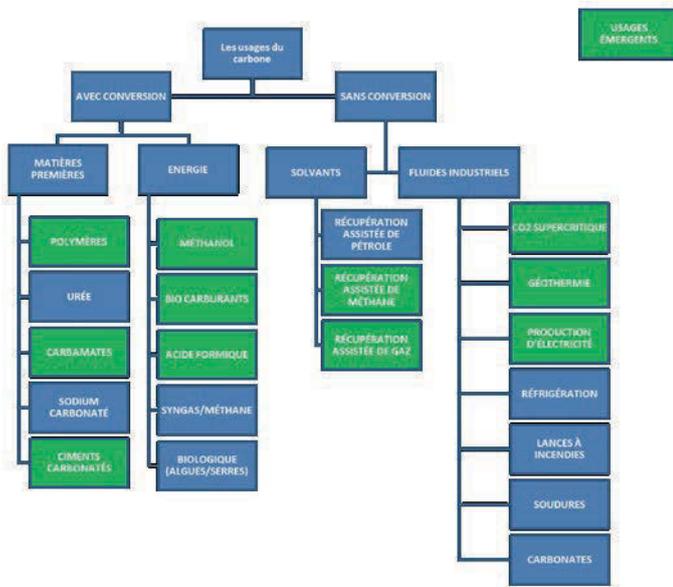


Figure 3 : Différents usages du CO₂.
Source : IFPEN, d'après US DoE.

En 2015, au niveau mondial, près de 126 MtCO₂ étaient réutilisés : une quantité encore très faible au regard des enjeux climatiques et dont la contribution aux réductions de GES demande à être vérifiée. Pour cela, il convient de vérifier que la réutilisation du CO₂ débouche :

- sur un réel stockage, à long terme, du CO₂. La réutilisation de carbone dans la production de boissons gazeuses représente une durée de stockage beaucoup trop courte pour avoir un impact réel sur les concentrations atmosphériques de GES,
- et sur des réductions nettes d'émissions (directes et indirectes) tout le long de la chaîne de production en vérifiant que le nouveau produit ne se substitue pas à un produit existant moins émetteur de CO₂.

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode adaptée à la quantification des impacts environnementaux des processus industriels. IFP Énergies nouvelles a ainsi appliqué cette méthode à la production de biocarburants de deuxième génération⁽⁷⁾.

Son application permettrait de quantifier les bénéfices des différentes voies de réutilisation du CO₂. Elle soulève cependant de nouvelles interrogations, portant notamment sur l'influence de la durée du stockage du CO₂ ou encore sur la répartition des potentiels bénéfiques environnementaux entre producteurs, utilisateurs et, éventuellement, convertisseurs du CO₂.

Conclusions

Jusqu'à la révolution industrielle, les puits naturels (biosphère et océans) équilibraient les émissions de CO₂. Depuis lors, les émissions de CO₂ d'origine anthropique liées à l'utilisation des énergies fossiles et à la déforestation, bien que limitées au regard des volumes mis en jeu, se

sont accumulées dans l'atmosphère et ont suffi à déstabiliser cet équilibre, provoquant les désordres climatiques dont nous observons aujourd'hui les effets.

La lutte contre le changement climatique exige non seulement de réduire nos émissions de CO₂ vers l'atmosphère, mais également de maximiser les puits de carbone. L'homme peut agir sur trois de ces puits, dont les capacités dépassent de loin les besoins :

- l'usage des sols, à travers les pratiques agricoles et sylvicoles ;
- le stockage géologique ;
- et la transformation du CO₂ en produits.

Chacun de ces réservoirs de stockage de CO₂ est accessible à plus ou moins grande échelle et via différents niveaux de technologies. Ainsi, la modification des pratiques agricoles (le non-labour, par exemple) est potentiellement applicable à l'ensemble des terres arables de la planète, et cela à faible coût, alors que le captage et la réutilisation ou le stockage du CO₂ demandent des infrastructures particulières.

C'est grâce à la pluralité des approches, tant au niveau de la réduction des émissions que du stockage du CO₂, que les objectifs de lutte contre le changement climatique seront atteints. Enfin, dans une perspective d'acceptabilité sociétale de la mise en œuvre de ces stockages, il apparaît nécessaire d'évaluer les différentes stratégies possibles de réduction des émissions de GES, de manière transparente et vérifiable. Pour cela, une démarche de type Analyse de Cycle de Vie nous semble constituer une méthodologie adaptée, en support aux Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies.

Bibliographie

Global CCS Institute (2017), <https://www.globalccsinstitute.com>

Intergovernmental Panel on Climate Change (2005), "Carbon Dioxide Capture and Storage".

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013), "IPCC Fifth Assessment Report", Chapter 6: Carbon and other biogeochemical cycles.

International Energy Agency (2016), "20 Years of Carbon Capture and Storage, Accelerating Future Deployment", IEA report.

MENTEN (F.), TCHUNG-MING (S.), LORNE (D.) & BOUVART (F.) (2017), "Lessons from the use of a long-term energy model for consequential life cycle assessment: The BTL case", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n°43, pp. 942-960.

(7) Voir notamment MENTEN et al. (2015).

Du Challenge Bibendum au *Paris Process on Mobility & Climate*

Par Patrick OLIVA

Ancien directeur de la prospective et du développement durable chez Michelin, co-fondateur du *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC)

Cornie HUIZENGA

Secrétaire général de SLoCaT (*Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport*), co-fondateur du *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC)

et Claire BERNARD

Responsable Mobilité durable – Groupe Michelin

La démarche proposée par la coalition *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC), laquelle est d'ores et déjà reprise par certains pays (France, Pays-Bas, Portugal, notamment), s'attache à tracer une vision crédible – car techniquement réalisable – et désirable – car porteuse d'une nouvelle croissance par l'innovation et l'investissement dans de nouveaux services de mobilité –, dans le cadre d'une transformation systémique orchestrée des transports et à la faveur d'un séquençement par phases à la fois successives et synergiques.

L'histoire commence en 1998, lorsque naît l'idée, pour fêter le centenaire du célèbre bonhomme Michelin, de créer un événement, le Michelin Challenge Bibendum (MCB), qui permette aux constructeurs automobiles et aux équipementiers de tester, en conditions réelles, sur le tracé d'un rallye entre Clermont-Ferrand et Paris, leurs dernières innovations techniques.

Le succès est au rendez-vous : une dynamique de fédération des acteurs est lancée autour des éditions successives du MCB, qui mettent l'accent sur la démonstration de prototypes et de solutions à promouvoir, avec, en toile de fond, le défi d'alors, à savoir celui de la nécessaire mutation énergétique à opérer par rapport à une mono-dépendance quasi exclusive du transport routier aux carburants fossiles.

De vitrine technique initialement orientée « compétition » et « route », le Challenge évolue rapidement vers un format de forum d'échanges, de démonstrations et d'innovations technologiques. Dans le nouveau contexte de l'urgence climatique (initié notamment par le rapport du GIEC de 2007), le Challenge parvient à drainer, autour des acteurs du transport multimodal, des institutions publiques, des *start-ups*, des organisations internationales, des universitaires, auxquels se joindront des opérateurs des télécoms, de l'Internet, des TIC, ainsi que des représentants du monde financier.

Dès lors, le Challenge devient le lieu d'une démarche de réflexion collaborative qui prend corps autour des enjeux de la mobilité de demain : l'édition 2014 du MCB, à

Chengdu (en Chine), donne lieu à la publication d'un Livre vert de la Mobilité urbaine, lequel dessine déjà – dans le contexte de l'époque, celui du scénario « + 2 °C à l'horizon 2100 » –, les contours d'une « feuille de route » pour l'avenir du secteur des transports au travers du prisme urbain : cette feuille de route mondiale préconisait déjà des priorités d'action à engager à moyen et long terme en matière de politiques publiques et d'investissements stratégiques privés, des initiatives « de rupture » à prendre sans tarder, ainsi que des synergies à opérer entre les modes de transport, dans une perspective globale de prise en compte des aspirations sociétales à l'accessibilité, au bien-être et à la croissance.

Une nouvelle étape est franchie au printemps 2015, lors des travaux préparatoires de la COP21, lorsque le MCB s'allie à SLoCaT (*Sustainable Low Carbon Transport Partnership*), partenariat d'ONG et d'institutions de l'ONU visant à promouvoir l'intégration du transport durable dans les politiques globales de développement. La coalition *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC) voit ainsi le jour, avec pour vocation de porter, sous l'égide de l'équipe Climat française de la présidence de la COP21, la voie non étatique du transport durable dans le processus des négociations intergouvernementales sur le climat. D'emblée, l'attelage fonctionne bien, au bénéfice des intérêts bien compris de chacun des partenaires :

- SLoCaT, par nature, un écosystème très orienté ONGs/transports collectifs/pays du Sud, va peu à peu s'ouvrir aux réalités industrielles et à une vision « *business* », et ainsi sortir de la sphère ONU/ONG ;

- MCB, de son côté, a ainsi accès aux grands cycles de négociations internationales (COP, FIT, Habitat III, World Bank) et acquiert de la visibilité en tant qu'acteur de la transformation systémique du secteur des transports grâce à son *OpenLab*, plateforme collaborative de co-innovations qui poursuit le travail engagé à Chengdu.

PPMC est érigé par la présidence française de la COP et le Secrétariat général de l'ONU en tant que « facilitateur » du secteur du transport, chargé à ce titre d'organiser les « Journées Transports » de « l'Agenda de l'Action » qui regroupe les 15 « Initiatives Transport » suscitées par la société civile et labellisées dans le processus des COP depuis celle de Lima (en 2014).

Au lendemain de la COP21, c'est à nouveau la présidence française qui sollicite PPMC pour structurer une réflexion stratégique sur l'avenir du secteur, en cohérence avec le nouveau cap fixé par l'Accord de Paris adopté en décembre 2015, qui comporte un scénario de réchauffement planétaire maintenant ledit réchauffement « nettement en dessous des 2 °C » par rapport aux niveaux préindustriels, avec la poursuite de l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C, et fixe un nouvel horizon : « le plus tôt possible, dans la seconde moitié du siècle ».

Pour le Transport – qui représente environ le quart des émissions de CO₂ issues de la combustion de carburants fossiles et qui est voué, de l'avis général, à une croissance forte alimentée par une démographie positive, notamment dans les villes⁽¹⁾ –, l'Accord de Paris implique de passer de 7,7 Gt d'émissions annuelles de GES à un niveau résiduel de l'ordre de 2 à 3 Gt d'ici à 2050+, et ce, alors même que les experts anticipent, sur la base des hypothèses actuelles, des niveaux de l'ordre de plus de 12 Gt/an. C'est ainsi qu'est élaboré le concept d'une macro-feuille de route de décarbonation du transport, c'est-à-dire d'une proposition de trajectoire de transformation systémique du secteur, à l'échelle mondiale, impliquant tous les modes (transport routier, ferroviaire, aérien, maritime, mobilité des personnes, fret) vers une économie bas-carbone, dans laquelle se combineront des évolutions d'usages, des modifications de comportements, l'apport des innovations technologiques, l'émergence de nouveaux écosystèmes et la création de nouveaux modèles économiques.

Une première version de cette macro-feuille de route mondiale est présentée et favorablement accueillie en avril 2016, lors d'un Conseil européen informel des ministres de l'Environnement et des Transports (sous présidence hollandaise). Le concept éveille de l'intérêt dans diverses enceintes internationales : ONU et OCDE (Banque Mondiale, Banques régionales de développement, AIE, FIT, GPST-*Global Partnership for Sustainable Transport*, plateforme de la mouvance onusienne), *business* (WBCSD, *WeMean-Business*, WEF). La démarche est endossée par la nouvelle présidence marocaine de la COP22 et fait l'objet (en novembre 2016) d'une présentation plus officielle à Marrakech, où elle acquiert le statut de « document soumis à discussion » – sorte de label qui ancre PPMC en quelque sorte dans le processus CCNUCC (la Convention-cadre des Nations Unies pour le changement climatique).

Au lendemain de la COP22, le document est soumis à un large processus de concertation afin de l'enrichir et d'approfondir le consensus en vue de la COP23 (tenue à Bonn, en novembre 2017, sous la présidence des Îles Fidji) et d'aboutir à un cadre d'action commun pour les autorités publiques et les opérateurs privés, notamment dans la perspective de 2018, année qui marquera une étape décisive dans la mise en œuvre de l'Accord de Paris, avec une revue d'inventaire des engagements qui auront été pris d'ici là par les États (NDCs – *National Determined Contributions*) par rapport aux objectifs de l'Accord de Paris à horizon 2050+. Par ailleurs, PPMC a lancé des travaux d'adaptation régionale de cette feuille de route pour en ajuster les priorités aux contextes économiques et sociétaux locaux : déclinaisons Afrique, puis Europe (en 2017), déclinaisons Inde et Amérique latine (en 2018). Le grand rendez-vous, à cet égard, sera la COP24, en Pologne, en 2018.

Viser l'avenir pour informer le présent

Globalement, la macro-feuille de route mondiale Transports⁽²⁾ propose un plan d'actions phasées et mises en synergie à l'échelle mondiale, et ce, pour les quelques décennies à venir (il s'agit d'une sorte de rétro-planning construit à partir de l'horizon 2050+ fixé par l'Accord de Paris). Ce plan d'actions est articulé autour de deux types d'enjeu :

- **des enjeux de moyen/long terme** qui tracent les perspectives nécessaires à la transformation systémique du secteur (2020-2050+) : il s'agit d'ouvrir, dans chaque pays, huit chapitres d'actions prioritaires et complémentaires, à séquencer dans le temps et à activer le plus largement possible – en étroite liaison avec le secteur de l'énergie et celui des villes qui sont au cœur de la mutation du transport – pour en minimiser les coûts et les risques liés aux alternances politiques ;
- **des enjeux de très court terme** (2016-2020), qui conditionnent la réussite de l'Accord de Paris : il s'agit de cerner les vingt actions immédiates de rupture par rapport à un scénario BAU (« *Quick Wins* »).

Les 8 champs d'actions prioritaires

Pour chacune de ces huit composantes, la démarche propose des jalons intermédiaires permettant de situer dans le temps les enjeux à la fois en termes de politiques publiques à activer, d'investissements stratégiques à consentir et de nouvelles technologies à mettre en œuvre. L'idée, dans cette trajectoire, n'est pas d'être prescriptif (on remarquera le souci de « neutralité technologique » de la démarche, qui, par exemple, exprime des objectifs en gCO₂/km ou gCO₂/kWh). Voici ci-après un aperçu synthétique de chacune de ces priorités.

(1) Qui émettent 75 % des émissions carbonées et qui verront affluer, du fait des perspectives d'une urbanisation croissante, environ 3 milliards de citoyens supplémentaires d'ici à 2050.

(2) Voir le site Internet dédié : <http://www.ppmc-transport.org/>

Macro-feuille de route Décarbonation du Transport : vers un transport décarboné et résilient

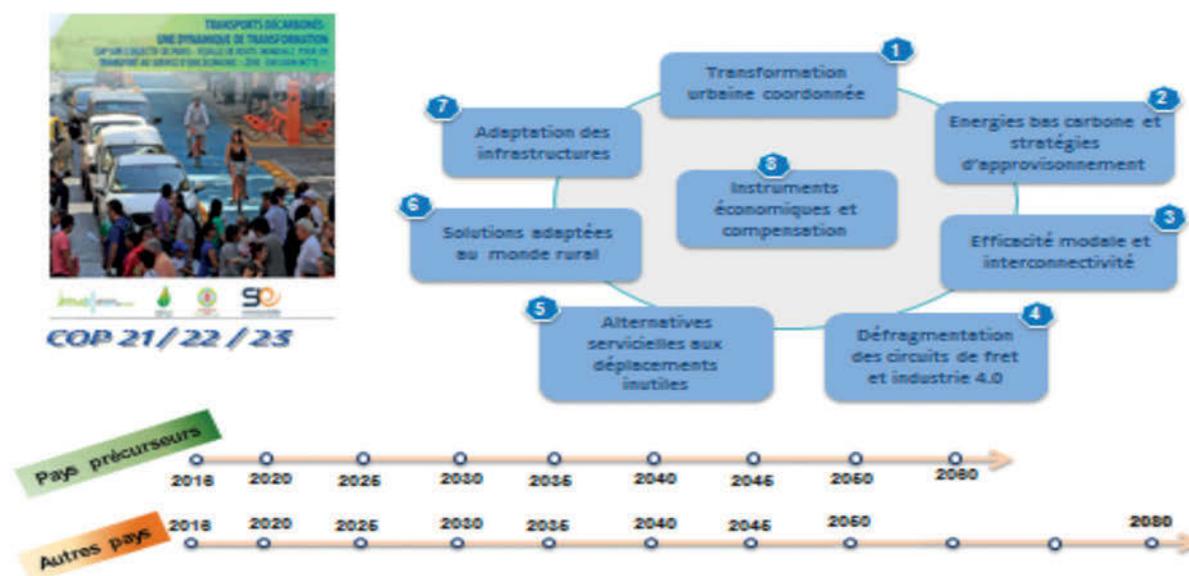


Figure 1 : Les huit champs d’actions prioritaires de la macro-feuille de route mondiale de décarbonation des transports.

Une transformation urbaine coordonnée

La mutation de la mobilité se fera par la ville. Depuis Tokyo (première ville « LEZ » (*Low Emission Zone*) dès 2003), suivie par plus de 300 autres, les exemples de Londres (qui vient d’annoncer son passage en ULEZ *Ultra-Low Emission Zone* dès 2019) ou de Copenhague (qui vise une ZEZ – *Zero Emission Zone* en 2025) sont éclairants quant aux motivations de natures diverses (vie plus saine, lutte contre la congestion urbaine, conscience environnementale, mise en valeur du patrimoine architectural) qui poussent les municipalités à agir. Une initiative coordonnée des grandes métropoles – pourquoi pas une grande initiative européenne ? – serait en particulier de nature à faciliter l’émergence d’un véritable marché ayant la taille critique requise pour permettre aux opérateurs privés de développer de nouvelles technologies, de nouveaux services et des solutions d’intermodalité incluant des transports collectifs propres, économiquement rentables et socialement positifs. Une vision qui doit notamment inclure une optimisation de la logistique du dernier kilomètre pour

le fret, avec les stratégies d’aménagement urbain et péri-urbain qui l’accompagnent.

Des stratégies d’approvisionnement en énergies bas-carbone

La décarbonation du transport ne se fera véritablement qu’en synergie avec une stratégie énergétique à développer sur trois axes, indispensables à horizon 2025/2030 :

- une production d’électricité décarbonée, avec l’apport possible des énergies renouvelables pour une génération décentralisée ;
- le développement d’une industrie de l’hydrogène propre – un prérequis stratégique pour l’utilisation massive de piles à combustible dans les applications mobiles et pour permettre l’essor de l’*e-mobility* grâce à des systèmes locaux de stockage ;
- un soutien aux filières des biocarburants/carburants synthétiques durables – autant de carburants essentiels pour l’aviation, mais qui peuvent également être adaptés au rail, au maritime et à l’automobile.

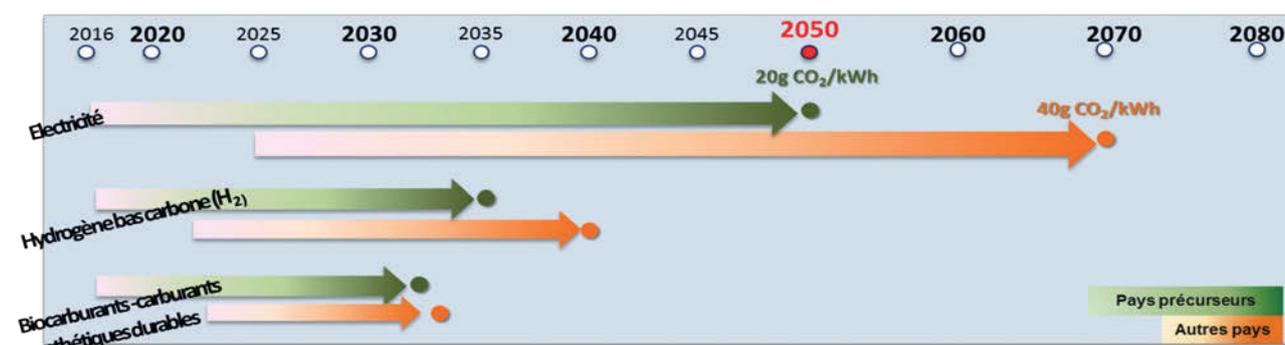


Figure 2 : Les trois axes de la stratégie énergétique à développer à l’horizon 2050 et au-delà.

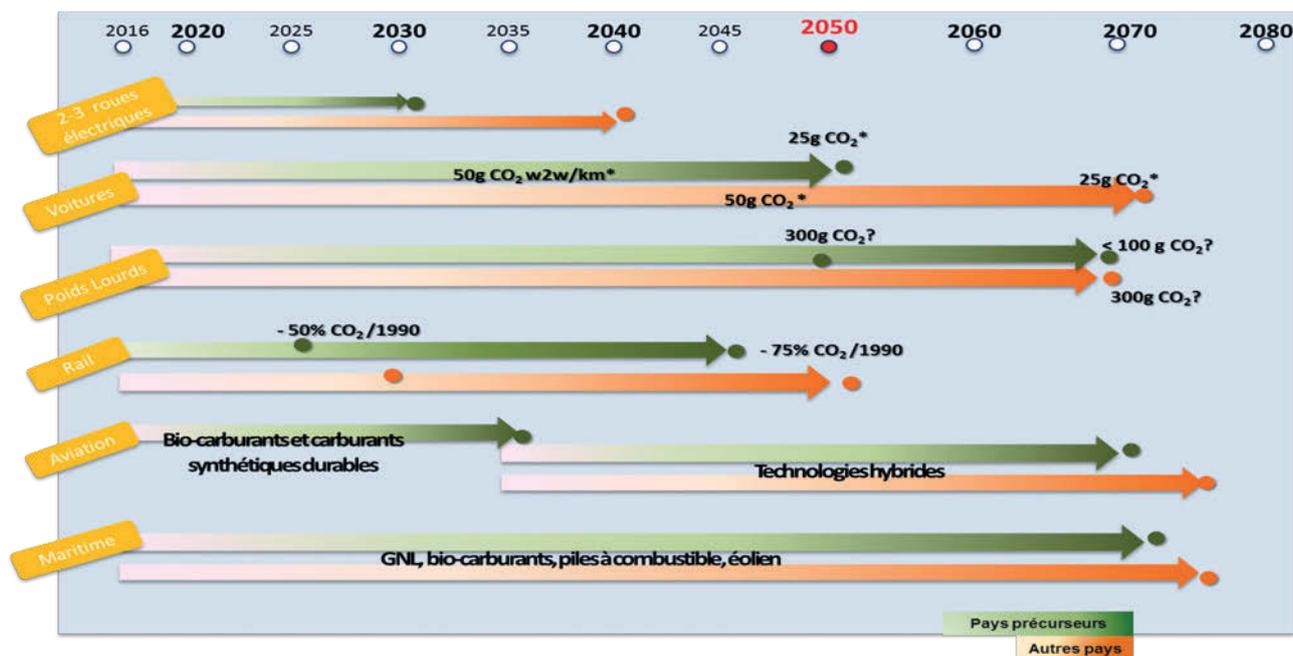


Figure 3 : Les objectifs de réduction des émissions « du puits à la roue » (WtoW – Well-to-Wheel) par mode de transport à l'horizon 2050 et au-delà.

Une meilleure efficacité modale et intermodale

Aujourd'hui, en conditions réelles de conduite, la moyenne des émissions « du puits à la roue » (WTW – Well-to-Wheel) des flottes de véhicules de tourisme et de camionnettes est, dans le monde, de l'ordre de 200 gCO₂/km. Il s'agit d'atteindre 25 gCO₂/km WTW d'ici à 2050 pour pouvoir honorer l'Accord de Paris, en favorisant la montée en puissance, puis la généralisation d'un parc hybride et électrique à batterie, avec ou sans prolongateurs d'autonomie (des moteurs à essence combinés à des piles à combustible (PAC) + hydrogène), de véhicules légers à moteur à explosion (avec récupération d'énergie et utilisation de carburants très peu carbonés) et de véhicules à PAC. Un autre enjeu est de poursuivre l'électrification du rail et de privilégier l'intermodalité. Pour le transport aérien, il faut réussir les deux transitions techniques clés que sont les kérosènes « durables » et les vols en technologie hybride. En matière de navigation fluviale et côtière, la conversion aux motorisations électriques (systèmes à batterie et piles à combustible) doit être menée à bien en parallèle avec l'exploitation de l'énergie éolienne et de carburants bas-carbone pour la navigation au long cours.

La défragmentation des circuits de fret

Le système de production/distribution mondiales de biens s'est développé sur des schémas de globalisation, avec une fragmentation extrême des chaînes de valeur héritée d'un temps où les coûts de transport étaient faibles et où les externalités négatives n'étaient pas prises en compte. Ce modèle doit impérativement être revisité à la faveur de l'économie circulaire, de la prise en compte de ces externalités, d'un transfert modal accru de « routes/air » vers « rail/voies maritimes » et de l'émergence d'une industrie 4.0 : autant de paramètres qui doivent nous orienter vers une rationalisation de nos circuits d'approvisionnement.

Des alternatives servicielles aux déplacements « inutiles »

Il s'agit ici de traiter le problème des kilométrages motorisés « inutiles » au quotidien (trajets domicile/travail, courses, accès aux services...) par la promotion de l'intermodalité et des nouveaux usages serviciels/partagés de la mobilité, pour en retirer des co-bénéfices en termes de qualité de vie, de confort et de réduction du « temps contraint ». Viser rapidement une réduction de moitié de ces « kilométrages motorisés » semble accessible.

Des solutions adaptées au monde rural

Avec toute la difficulté qu'il y a à cerner le concept de « monde rural » au travers du prisme de la mobilité (ainsi, par exemple, la mobilité à Clermont-Ferrand s'apparente-t-elle plus à des schémas plus proches du monde urbain ou du monde rural ?), le transport en zones rurales pose des problématiques spécifiques, tout en ayant des atouts en termes de production/consommation décentralisées d'électricité (énergie solaire ou éolienne) et de carburants (bio- ou synthétiques) bas-carbone, sur le plan des infrastructures, et des solutions d'autopartage, de covoiturage, etc., qui doivent encore être développées sur le plan des usages. Viser un accès à la mobilité électrique pour 50 % de la population rurale d'ici à 2035/2040 ne semble pas irréaliste.

L'adaptation des infrastructures

Cette question, portée par les micro-États insulaires lors de la COP21 de Paris, a été à nouveau mise au premier plan par la présidence fidjienne de la COP23, à Bonn. Le débat se cristallise autour de la mobilisation de la Finance Climat en faveur d'une meilleure résilience des systèmes de transport, avec de puissants effets de levier escomptés sur les partenariats public-privé. Cette priorité accordée à l'adaptation – relevant de la survie, pour certaines par-



Figure 4 : Les 20 priorités d'actions immédiates pour une décarbonisation des transports.

ties du monde – touche également, dans des formes à l'évidence plus atténuées, les pays du Nord (voir les épisodes de canicule de ces dernières années, qui ont donné lieu à des pannes sur les réseaux ferrés en France, ou les inondations qui ont mis à rude épreuve les équipements fluviaux). Le niveau des investissements consentis pour l'adaptation au changement climatique est universellement reconnu comme étant beaucoup trop faible.

Quelques politiques publiques et instruments économiques à déployer

Il s'agit de revisiter les outils de politique publique à mettre en œuvre (réglementaires, fiscaux, financiers, R&D, transferts de technologies, investissements publics) pour en faire de puissants leviers d'orientation des décisions des acteurs vers des solutions bas-carbone. Il s'agit aussi d'anticiper les mesures massives de compensation qui seront nécessaires pour atteindre l'objectif d'un transport « ZEN » (zéro émission nette) et de mobiliser, dès maintenant, les capacités R&D et les investissements requis pour disposer – le plus vite possible et non pas à partir de 2050+, horizon de l'Accord de Paris – de solutions d'émissions négatives. Outre une politique de prix du CO₂ (et des autres GES !) à harmoniser rapidement avec d'autres pays, il convient de bâtir des instruments économiques visant tout autant à alléger les risques liés aux investissements de long terme dans les technologies bas-carbone, qu'à activer des mesures de soutien aux solutions bas-carbone pour les rendre accessibles aux consommateurs.

Les 20 priorités d'actions immédiates

Il s'agit, pour mettre la décarbonation « sur les bons rails » pour les décennies courant de 2020 à 2050+, d'initier sans délai et à un coût acceptable pour la suite, un certain nombre de « Quick Wins » qui touchent à la fois la mobilité

des personnes et le transport de fret, qu'il s'agisse :

- de rompre avec les impasses d'un scénario de continuité BAU (« *business as usual* ») (éliminer les subventions aux carburants fossiles, électrifier le rail...);
- d'accélérer le basculement vers des solutions vertueuses en déployant, à grande échelle, les bonnes pratiques et les initiatives existantes (LEZ, aménagements urbains de mobilités « actives », autopartage...).

En conclusion, la démarche proposée par PPMC, qui est d'ores et déjà reprise par certains pays (la France⁽³⁾, les Pays-Bas et le Portugal, notamment), s'attache à tracer une vision crédible – car techniquement réalisable – et désirable – car porteuse d'une nouvelle croissance par l'innovation et l'investissement dans de nouveaux services de mobilité – dans le cadre d'une transformation systématique orchestrée des transports et à la faveur d'un séquençement par phases successives et synergiques.

L'adoption de l'Accord de Paris en 2015 a marqué un succès pour la diplomatie climatique de notre pays. Il appartient au secteur des transports, comme aux autres domaines d'activité humaine, de transformer l'essai, en faisant de cet Accord un levier durable de développement sobre et partagé, pour l'émergence d'une nouvelle économie mondiale « ZEN » plus solidaire dans l'espace mondial et plus responsable dans le temps vis-à-vis des générations futures.

(3) Dans le cadre des Assises de la Mobilité, PPMC a été sollicité par le gouvernement français pour présider l'un des six groupes de travail chargés de réfléchir à des propositions dans la perspective d'une nouvelle loi d'orientation de la mobilité, qui sera présentée au Parlement dans le courant du premier semestre 2018, pour définir une nouvelle « feuille de route nationale », 35 ans après la Loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI) de 1982.

Assurer la transition de l'ensemble du système agricole et alimentaire vers la neutralité carbone : des trajectoires de long terme et des pistes pour le court terme

Par Sébastien TREYER, Pierre-Marie AUBERT, Aleksandar RANKOVIC et Marie-Hélène SCHWOOB

Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri), Sciences Po, Paris

Si les émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole et alimentaire peuvent être majoritairement attribuées à la production primaire, la réduction à zéro émission nette de la contribution de ce secteur au changement climatique suppose des transformations d'une telle ampleur que ce défi ne peut être relevé qu'au prix d'un changement de système à l'échelle de l'ensemble du secteur agroalimentaire. Dans cet article, nous soulignons la nécessité d'affronter à la fois le besoin d'anticiper la radicalité des enjeux de la neutralité carbone à long terme dans ce secteur et l'urgence d'actions à court terme pour engager sans attendre ces transformations.

Parmi les différents secteurs économiques, le secteur agricole et alimentaire n'a pas été jusqu'à maintenant au cœur des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre, si ce n'est à l'échelle mondiale, dans le cadre de la lutte contre la déforestation, à travers la réduction de l'expansion des cultures.

À cette prudence des décideurs publics, même dans le contexte européen que l'on aurait pu penser plus avancé sur ces questions, il y a plusieurs raisons : la complexité de mettre en marche des changements chez un nombre très important des acteurs économiques concernés, en particulier chez les agriculteurs, et ce, même en Europe, où leur nombre (10,8 millions d'exploitations agricoles en Europe en 2013, selon EUROSTAT, sans compter les très nombreuses PME du secteur agroalimentaire) a pourtant fortement décliné au cours des dernières décennies ; la situation de crise économique vécue par le secteur agricole depuis de nombreuses années, notamment dans le secteur de l'élevage ; la difficulté à intervenir sur l'alimentation dans un contexte où les prix bas semblent toujours s'imposer comme un impératif politique (étant donné la crise économique traversée par le continent). Pourtant, si les politiques publiques sont prudentes sur ce sujet, les débats font rage, tant du côté des experts que des médias grand public (notamment sur l'impact de l'élevage

sur le climat), et l'on voit se mettre en place des initiatives à caractère d'engagement volontaire, comme l'Initiative « 4 pour 1 000 » en matière de stockage du carbone organique dans les sols, notamment agricoles.

Dans une perspective de neutralité carbone à partir de 2050, le secteur agricole et alimentaire, comme tous les autres secteurs, devra nécessairement envisager les transformations profondes qui devraient lui permettre d'atteindre le « zéro émission nette ». Alors que les autres secteurs se sont lancés sur une trajectoire de décarbonation (notamment en matière d'énergie), le rôle du secteur agricole et alimentaire va devenir toujours plus critique, sa part relative dans le total des émissions risquant de croître à mesure que les autres secteurs parviennent à réduire la leur ; il devient donc important pour lui d'envisager les différentes options devant lui permettre de réduire ses émissions. Par ailleurs, le secteur agricole a aussi un potentiel de séquestration du carbone, dans les sols ou dans la biomasse, qui pourrait lui permettre de compenser ses propres émissions, voire celles d'autres secteurs. Mais dans quelles limites ?

Quels sont donc les principaux enjeux et les marges de manœuvre pour que ce secteur puisse jouer pleinement son rôle dans la transformation de nos sociétés européennes vers la neutralité carbone ? Pour répondre

à cette question, nous interrogerons tout d'abord le périmètre du secteur agricole et alimentaire auquel cette neutralité carbone est censée s'appliquer, puis nous identifierons les principaux défis en matière de neutralité carbone dans ce secteur. Les enjeux de la neutralité carbone à long terme seront ensuite mis en regard des tendances actuellement en cours, pour souligner les enjeux critiques à court terme qu'il est indispensable et urgent de traiter pour éviter que cette transformation ne devienne toujours plus difficile. Enfin, nous présenterons les leviers d'action permettant d'envisager la transition de l'ensemble du système agricole et alimentaire, seule à même de permettre d'engager les transformations nécessaires et de garantir un développement durable du secteur en recherchant non seulement l'efficacité, en matière de neutralité carbone et de lutte contre l'effet de serre, mais aussi la performance économique, sociale et environnementale de l'ensemble du secteur.

Neutralité carbone pour le secteur agricole et alimentaire : quel est le périmètre des activités concernées ?

À l'échelle des filières alimentaires, c'est la production primaire qui est responsable de la plus grande partie des émissions de gaz à effet de serre : selon les filières, les émissions liées à la transformation, à l'emballage, au transport et à la préparation (en restauration collective ou chez le consommateur final) peuvent varier grandement. Mais elles sont, pour l'essentiel, liées à la consommation d'énergie et à la source d'énergie utilisée. Vermeulen (2012) estime que l'agriculture, si l'on inclut le changement d'usage des sols qui lui est lié, représente entre 80 et 86 % des émissions du système agroalimentaire dans son ensemble.

Pour le secteur agricole, la plupart des émissions concernent d'autres gaz que le CO₂. Il s'agit en particulier du protoxyde d'azote et du méthane, dont le pouvoir radiatif est plus important que celui du CO₂, mais dont la durée de séjour dans l'atmosphère est très contrastée : il est du même ordre de grandeur (le siècle) que le CO₂ pour le protoxyde d'azote, et d'une douzaine d'années pour le méthane. Si l'on exclut du calcul des émissions le secteur forestier et les changements d'usage des sols pour se focaliser sur les cultures et les élevages, l'agriculture constituait, en 2015, en Europe, le cinquième secteur émetteur de gaz à effet de serre (HART *et al.*, 2017), avec un total de 437 MtCO₂eq, soit un peu plus de 10 % des émissions totales, venant après les secteurs de l'énergie, des transports, de l'industrie et des bâtiments résidentiels ou commerciaux. Ces émissions proviennent principalement des sources suivantes, en Europe (EUROSTAT, 2017) : la fermentation entérique des ruminants (bovins, ovins et caprins), qui produit essentiellement du méthane et représente environ 44 % du total des émissions agricoles ; les émissions de protoxyde d'azote par les sols agricoles, par nitrification ou dénitrification, liées notamment à la fertilisation azotée organique ou minérale (elle-même source d'émissions indirectes si l'on tient compte du coût énergétique de la production d'engrais) et représentant 37 %

du total ; enfin, les émissions de protoxyde d'azote et de méthane liées à la décomposition des déjections des animaux d'élevage, qui représentent 15 % du total. À cela, il faudrait ajouter les émissions liées au méthane issu de la décomposition des matières organiques dans les rizières, le CO₂ issu de la combustion des résidus de culture ou de l'utilisation des énergies fossiles dans l'agriculture (tracteurs, serres), mais qui représentent des parts beaucoup moins importantes. Alors que le total de ces émissions a, dans l'ensemble, diminué de plus de 20 % depuis 1990, notamment du fait de la réduction du nombre des animaux d'élevage dans un certain nombre de pays européens, leur rythme de décroissance a ralenti et, depuis 2012, ces émissions ont même recommencé à croître (ALLEN *et al.*, 2017).

Pour compléter ce panorama, il faut tout d'abord également tenir compte des changements d'usage des sols : alors qu'à l'échelle mondiale, ces enjeux sont principalement liés à l'expansion des cultures au détriment de la forêt, en Europe, les dynamiques d'abandon de terres agricoles au profit de l'afforestation, mais aussi de l'artificialisation, pointent une moindre responsabilité du secteur agricole dans ces émissions liées au changement d'usage des sols. Cependant, la conversion de prairies en cultures constitue un enjeu important en matière de déstockage du carbone organique des sols : alors que l'abandon de terres agricoles en Europe centrale et de l'Est a conduit récemment à une croissance des surfaces en végétation semi-naturelle, dans d'autres régions d'Europe de l'Ouest, l'abandon des systèmes d'élevage extensifs conduit, en revanche, à la dynamique inverse (AEE, 2017). Les sols agricoles, comme les sols forestiers, peuvent constituer des puits de carbone, lorsque les changements de pratique permettent d'augmenter le stock de carbone des sols plutôt que de le dégrader. Aujourd'hui, si l'on comptabilise le secteur forestier et le changement d'usage des sols en Europe, cela représente un puits de carbone capable de fixer environ 350 millions de tonnes d'équivalent CO₂ chaque année (Climate Action Network Europe, 2016).

De plus, les émissions liées au secteur agricole et alimentaire européen doivent tenir compte des émissions liées aux importations : cela concerne non seulement les produits destinés à l'alimentation humaine, comme l'huile de palme (qui fait l'objet d'un processus politique européen pour réduire la « déforestation importée »), mais aussi les importations pour l'alimentation des animaux d'élevage en Europe, notamment de soja, qui représentent l'équivalent de plus de 10 millions d'hectares (POUX *et al.*, 2016) et qui ont d'importants impacts en matière de changement d'usage des sols dans d'autres pays.

Les principaux défis de la neutralité carbone pour l'agriculture et l'alimentation

La recherche d'une meilleure efficacité pour chacune de ces sources d'émissions de GES semble la voie la plus évidente pour réduire les émissions du secteur agricole et alimentaire : pour ce qui concerne la partie aval de la chaîne

alimentaire, par exemple, cela concerne les gains d'efficacité énergétique ou la substitution d'énergies propres aux énergies fossiles ; de même, des solutions existent pour réduire l'intensité du rejet de gaz à effet de serre de chaque type de production agricole (cultures, élevage) par quantité de produit : modifier la ration des animaux d'élevage pour diminuer les émissions par fermentation entérique ou liées aux effluents ; valoriser les effluents par méthanisation ; réduire les consommations d'énergie fossile des bâtiments et équipements agricoles ; réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse en les utilisant mieux, en valorisant mieux la fertilisation organique et en augmentant la part des légumineuses dans les rotations culturales ; stocker davantage de carbone organique dans les sols en introduisant des cultures intermédiaires, intercalaires, des associations de culture ou des systèmes agroforestiers, en développant les techniques sans labour et en optimisant la gestion des prairies (PELLERIN *et al.*, 2013).

Ces améliorations se traduiront généralement par une amélioration du bilan de gaz à effet de serre par unité de produit, animal ou végétal, mais plus rarement en valeur absolue, si la quantité produite ou consommée n'est pas elle-même limitée ou réduite (ALLEN *et al.*, 2017). Si une telle réduction de la production ou de la consommation en valeur absolue est entrée dans le débat français sur la transition énergétique à travers la notion de sobriété, elle n'est qu'à peine abordée dans le débat concernant le secteur agricole en raison des conséquences économiques potentielles pour les producteurs, même si une réduction de la production en volume ne s'accompagne pas nécessairement d'une réduction de sa valeur (FREIBAUER *et al.*, 2011). Par ailleurs, certaines de ces solutions techniques reposent sur la reconception des systèmes de production (rediversification de bassins de production spécialisés, par exemple), qui permettrait de maintenir des rendements élevés, mais en changeant plus profondément les types de production envisagés.

Comme le montrent des scénarios développés pour atteindre la neutralité carbone en 2050, comme le scénario Afterres, pour la France (SOLAGRO, 2016), ou ceux qui mettent en discussion l'image d'une Europe où les systèmes de production seront radicalement transformés en 2050 (par exemple, par une conversion de ces systèmes à l'agroécologie, SAULNIER, POUX *et al.*, 2017), la recherche d'une réduction jusqu'à zéro émission nette suppose non seulement de réduire l'intensité en matière de gaz à effet de serre de chaque unité de produit alimentaire, mais aussi de reconcevoir plus profondément les systèmes de production végétale, la séparation entre production végétale et animale et la part de la production végétale venant alimenter les systèmes d'élevage. Plus largement, concevoir un système alimentaire européen à zéro émission nette ne semble pas pouvoir se passer d'une remise en cause des niveaux de consommation alimentaire en Europe, en particulier du niveau de consommation de produits animaux (viande, œufs et lait) : sans cela, les marges de manœuvre agronomiques permettant de favoriser des rotations complexes et la diversification

et le stockage de carbone dans les sols (notamment dans les prairies) seraient insuffisantes pour atteindre une situation, en 2050, dans laquelle les émissions résiduelles du secteur agricole et alimentaire pourraient être compensées par le stockage du carbone dans les sols.

Ces changements dans les niveaux de consommation alimentaire (en particulier de produits animaux) convergent avec les recommandations nutritionnelles (par exemple, celles de l'Agence européenne de sécurité sanitaire des aliments) et permettent d'envisager des changements dans les pratiques qui soient également bénéfiques pour d'autres enjeux sanitaires et environnementaux (réduction de l'utilisation des pesticides et des herbicides, qualité de l'eau, santé animale, notamment). Mais ils nécessitent d'envisager des restructurations profondes des différents secteurs économiques qui composent l'agriculture européenne, en particulier du secteur de l'élevage, qui, sans disparaître, verrait ses niveaux de production fortement réduits à terme, et devrait dépendre beaucoup moins des importations d'aliments et s'appuyer davantage sur les prairies. La production d'énergie à partir de biomasse, dans ces scénarios, reposerait davantage sur divers procédés de méthanisation que sur la production d'agrocarburants.

Si ces défis dessinent une transformation profonde de tout le système alimentaire pris dans son ensemble, la neutralité carbone pose des questions encore plus radicales liées, notamment, au fait que le stockage de carbone dans les sols ne peut constituer qu'un puits temporaire, comme le souligne l'Initiative « 4 pour 1000 » (SOUSSANA *et al.*, 2015) : grâce à des changements de pratiques, le stock de carbone organique des sols peut être augmenté jusqu'à atteindre un niveau de saturation (en quelques décennies). Ensuite, s'il est impératif de maintenir des pratiques permettant le maintien du stock, au risque sinon de relarguer très rapidement le carbone dans l'atmosphère, les sols agricoles ne peuvent plus en stocker davantage et ne peuvent donc plus être des sources d'émissions négatives. Les scénarios qui parviennent à compenser les émissions résiduelles de l'agriculture en 2050 par le stockage de carbone dans les sols ne présentent donc pas, au-delà de cet horizon, de solution de compensation pour ces émissions résiduelles, quand les sols agricoles ne pourront plus jouer le rôle de puits : il sera donc nécessaire, pour la fin du siècle, que l'agriculture puisse elle aussi recourir à des émissions négatives grâce à d'autres formes de stockage de carbone. Si d'autres secteurs misaient sur l'agriculture pour compenser leurs propres émissions, cela ne pourrait avoir de sens que dans une logique transitoire durant les décennies à venir, mais pas comme une solution permanente pour l'atteinte de la neutralité carbone à long terme.

Enfin, il faut aussi évoquer les solutions de capture du CO₂ atmosphérique désignées sous l'acronyme BECCS (*Bio-mass Energy with Carbon Capture and Storage*), qui envisagent d'utiliser des plantations à grande échelle comme mécanisme de captation du CO₂ par photosynthèse : la biomasse ainsi produite serait brûlée (avec cogénération d'énergie) pour récupérer le carbone et le stocker dans

des couches géologiques profondes. Si cette solution paraît importante à anticiper comme une des techniques de capture qui pourraient se développer, la plupart des scénarios envisagés à l'échelle planétaire montrent que s'appuyer sur cette solution pour compenser les émissions résiduelles de l'ensemble des secteurs conduirait à des concurrences extrêmement fortes avec les productions alimentaires, à un niveau incompatible avec la sécurité alimentaire de la planète (SHUTES *et al.*, 2017), mais aussi avec la préservation de la biodiversité, des paysages et avec le développement rural.

La recherche de la compensation des émissions résiduelles à long terme ne doit pas cacher la nécessité d'agir vite et à court terme, pour préparer la transition

Les défis posés par la recherche d'une situation d'équilibre à long terme entre émissions résiduelles et sources d'émissions négatives paraissent immenses, et il faut se préparer à y répondre en envisageant différents scénarios possibles et en les mettant en discussion pour pouvoir identifier les synergies mais aussi les effets antagonistes existant entre la recherche de la neutralité carbone et les autres enjeux de durabilité environnementale, économique et sociale. Sur le long terme, ces discussions ont aussi leur utilité, car elles permettent d'indiquer le sens du changement nécessaire pour atteindre la neutralité carbone après 2050. Mais elles ne doivent pas se substituer à l'identification des points critiques que nous devons immédiatement affronter pour infléchir (voire inverser) les tendances en cours : en particulier, assurer l'augmentation du stock de carbone des sols plutôt que sa dégradation apparaît être un enjeu urgent, étant donné le rôle majeur joué par les prairies dans le stockage du carbone et les tendances actuelles à leur conversion en cultures et à la disparition des élevages extensifs, mais aussi étant donné le risque de dégradation du stock de carbone des sols du fait de systèmes culturaux qui se spécialisent et dont les rotations se simplifient (SCHOTT *et al.*, 2010). C'est le sens de l'Initiative « 4 pour 1 000 » lancée en 2016 à l'échelle mondiale, laquelle vise à dynamiser les initiatives locales ou à l'échelle de filières ou de territoires pour préserver les sols et assurer l'augmentation de leur stock de carbone.

Autre exemple : infléchir les modes de consommation alimentaire pour réduire l'apport calorique total et aussi la part de produits animaux, en conformité avec les recommandations nutritionnelles, constitue également une urgence, cela d'autant plus que l'on connaît le délai nécessaire pour faire évoluer les comportements des consommateurs (ESNOUF, BRICAS, 2012). Dans une période de crise de l'élevage, il importe également d'agir vite pour pouvoir proposer à ces secteurs des scénarios de reconversion qui non seulement les rendent résilients aux crises actuelles, mais les préparent également à ces scénarios de transformation à long terme.

Par ailleurs, les leviers pour inciter les différents acteurs impliqués à engager ces transitions existent (voir, par exemple, le rapport Guillou sur le projet agroécologie paru

en 2013 – GUILLOU *et al.*, 2013), mais ils doivent être actionnés tous ensemble à l'échelle du système alimentaire et agricole pour que les agriculteurs, les coopératives, les entreprises de l'agroalimentaire (quelle que soit leur taille), la distribution et les consommateurs puissent emprunter ces trajectoires de transition. À défaut, chaque maillon rencontrera des verrous qui l'empêcheront de prendre le chemin de la neutralité carbone.

Pour les agriculteurs et les territoires ruraux, les changements de pratique les plus intéressants pour la réduction des émissions de GES sont aussi ceux qui apportent de multiples bénéfices (en matière d'adaptation aux changements climatiques ou pour la réalisation d'objectifs environnementaux, comme la réduction des pollutions de l'eau par les nitrates, qui intéresse les autres acteurs du territoire, comme les Agences de l'eau). La diversification est, en général, une condition nécessaire de ces changements de pratiques (MEYNARD *et al.*, 2013), mais elle se heurte à l'absence de véritables filières de diversification, depuis l'innovation ou la sélection végétale et animale jusqu'aux débouchés sur les marchés, en passant par les contrats entre les différents maillons de la filière. La construction de filières résilientes non seulement aux chocs climatiques, mais aussi aux évolutions de la consommation, constitue non seulement une condition de la transition, mais aussi un gage de la pérennisation des pratiques et des systèmes de production permettant de maintenir les émissions de l'agriculture et de l'alimentation à un niveau résiduel sur le long terme. Le risque de non-permanence de ces réductions d'émissions ou des pratiques garantissant le niveau de carbone stocké dans les sols est important, car des signaux économiques pourraient conduire rapidement à une inversion des courbes (GRIMAULT *et al.*, 2017) : le principal garant de la neutralité carbone sur le long terme est l'établissement d'accords de filières, d'accords territoriaux et de politiques publiques nationales faisant converger et se stabiliser les anticipations et les attentes des différents acteurs, dans une vision de long terme.

Si elle conduit effectivement, dans cet esprit, à repenser à l'échelle des territoires et des régions un ensemble de filières faisant système, pour préparer dès maintenant ces enjeux de long terme, la stratégie française de bioéconomie constitue un ancrage pertinent (Stratégie nationale bioéconomie, 2017). Les États généraux de l'alimentation, en France, ont cherché à faire le lien entre les trajectoires territoriales de long terme, les ambitions environnementales et sociales porteuses de transformations radicales, comme la neutralité carbone, et les accords de filière, qui sont indispensables pour que les agriculteurs retrouvent des marges de manœuvre.

Ne pas penser et négocier séparément ces trois types d'enjeu est aussi l'exercice que devront affronter les acteurs du système agricole et alimentaire européen en amont de la prochaine politique européenne traitant de ces questions, qui sera mise en œuvre après 2020.

Références bibliographiques

- Agence européenne de l'environnement (2017), "Landscapes in transition: An account of 25 years of land cover change in Europe", 84 p., ISBN 9789292138820 doi:10.2800/81075.
- ALLEN B. & MARECHAL A. (2017), "Agriculture GHG emissions: determining the potential contribution to the Effort Sharing Regulation. Report prepared for Transport and Environment", London, Institute for European Environmental Policy.
- GRIMAULT J., TRONQUET C. & BELLASSEN V. (2017), « Objectifs climatiques européens : le stockage de carbone agricole et forestier mis à contribution », *14CE, Point Climat*, n° 47, 8 p.
- Climate Action Network Europe (2016), « Position des ONG sur la proposition LULUCF », http://www.fern.org/sites/fern.org/files/CAN%20Europe-LULUCF-Position_final.pdf
- ESNOUF C. & BRICAS N. (2011), « Pour une alimentation durable : réflexion stratégique DuALIne », Quae Éditions, 286 p.
- FREIBAUER A., MATHIJS E., BRUNORI G., DAMIANOVA Z., FAROULT E., GIRONA J., O'BRIEN L. & TREYER S. (2011), "Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world – The 3rd SCAR Foresight Exercise", Brussels, European Commission – Standing Committee on Agricultural Research (SCAR).
- GUILLOU M. *et al.* (2013), « Le projet agroécologique pour la France : vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement. Propositions pour le ministre », INRA – Agreenium, 163 p.
- HART K., ALLEN B., KEENLEYSIDE C., NANNI S., MARÉCHAL A., PAQUEL K., NESBIT M. & ZIEMANN J. (2017), "The consequences of climate change for EU agriculture. Follow-up to the COP21 – UN Paris climate change conference", Brussels, European Parliament.
- MEYNARD J. M., MESSEAN A., CHARLIER A., CHARRIER F., FARES M., LE BAIL M. & MAGRINI M. B. (2013), « Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières », rapport d'étude, INRA, 226 p.
- PELLERIN S., BAMIÈRE L., ANGERS D., BELINE F., BENOIT M., BUTAULT J. P., CHENU C., COLNENNE-DAVID C., DE CARA S., DELAME N., DOREAU M., DUPRAZ P., FAVERDIN P., GARCIA LAUNAY F., HASSOUNA M., HENAULT C., JEUFFROY M. H., KLUMPP K., METAY A., MORAN D., RECOUS S., SAMSON E., SAVINI I. & PARDON L. (2013), « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques », synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 92 p.
- POUX X., LUMBROSO S., AUBERT P.-M. & TREYER S. (2016), "Transition scenarios to agroecology in Europe: relevance and challenges of a fundamental contribution to the EU debate on agriculture and environment", IDDRI, Working Paper.
- SAULNIER J., POUX X. *et al.*, « Scénario de transition vers l'agroécologie en Europe : quels systèmes agricoles ? Quelle cohérence agronomique ? », IDDRI study, à paraître.
- SCHOTT C., MIGNOLET C. & MEYNARD J.-M. (2010), « Les oléoprotéagineux dans les systèmes de culture : évolution des assolements et des successions culturales depuis les années 1970 dans le bassin de la Seine », *OCL* 17 (5), pp. 276-291.
- SHUTES L., VALIN H., STEHFEST E., VAN DIJK M., KUIPERS M., VAN MEIJL H., TABEAU A., VERMA M., OUDENDAG D., VAN ZEIST W.-J. & HAVLIK P. (2017), "Food and Nutrition Security and Sustainability in Long-Term Projections: An Assessment of the FoodSecure Scenarios", Paper developed as part of deliverable 7.4 of the FoodSecure project on 'Long-term supply, food and non-food demand drivers, contrasting scenarios and their impact on FNS', <http://www.foodsecure.eu/navigator?title=foodand%20nutrition%20security%20and%20sustainability%20in%20long-term%20projections>
- http://www3.lei.wur.nl/WECRGeneral/FoodSecurePublications/Shutes_brief_FNS_Scenarios.pdf
- SOLAGRO (2016), « Le scénario Afterres 2050, version 2016 », Association Solagro, Toulouse, 96 p.
- SOUSSANA J. F., SAINT-MACARY H., CHOTTE J.-L., BELLASSEN V. & TOILLIER A. (2015), "Carbon sequestration in soils. Towards an international '4 per mil' research program and action plan", Scientific Concept Note, Side Event: 'Carbon sequestration in soils: a challenge for food security and climate action', 7 July 2015, UNESCO 'Our Common Future under Climate Change'.
- Stratégie nationale bioéconomie (2017), « Une stratégie bioéconomie pour la France : enjeux et visions », République française, 36 p.
- VERMEULEN S., CAMPBELL B. & INGRAM J. (2012), "Climate Change and Food Systems, Annual Review of Environment and Resources", vol. 37, pp. 195-222 (Volume publication date November 2012), First published online as a Review in Advance on July 30, 2012, <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>

De l'économie circulaire à l'économie permacirculaire

Par Dominique BOURG

Philosophe et professeur ordinaire à la Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne

L'objectif de l'économie « permacirculaire » se situe à l'échelle globale : il s'agit d'inverser les tendances nous conduisant au franchissement des limites planétaires et de revenir à une empreinte écologique à la dimension d'une planète, plus précisément de la Terre. Cet objectif, certes exigeant, peut en revanche donner lieu à des trajectoires économiques diverses, donnant libre cours à l'inventivité humaine, allant du *high-tech* le plus concurrentiel jusqu'à des expérimentations mixant permaculture et changement des modes de vie, en passant par l'économie sociale et solidaire. Cette approche n'est pas exclusive d'autres approches moins exigeantes, elle peut même les intégrer. Ainsi définie, l'économie permacirculaire constitue un point d'appui pour une société résolument pluraliste et démocratique.

L'expression « économie circulaire » souffre de la même plasticité sémantique, dont pâtissait autrefois le « développement durable ». Que l'on me permette d'évoquer de vieux souvenirs. Il m'est arrivé de rencontrer, dans diverses organisations, des « responsables » conduisant leurs politiques ou leurs stratégies prétendues « durables » tout en ne prêtant guère d'attention aux questions environnementales. Et qui, parmi ces responsables, avait quelque idée de la distinction pourtant aussi décisive qu'éclairante entre durabilité faible (*grosso modo* : « *business as usual* ») et durabilité forte ? Je renvoie ici le lecteur à Bryan Norton, pour une élaboration moins sommaire de la distinction en question⁽¹⁾. Or, je crains qu'il en aille déjà ainsi de l'économie circulaire. C'est pourquoi j'en proposerai ici les divers sens possibles, avec des objectifs à l'avenant, de telle sorte que le choix des uns et des autres puisse se faire de façon claire et authentiquement responsable. Dans un monde économiquement globalisé, où les grands indicateurs des dégradations environnementales se construisent à l'échelle du système-Terre, l'objectif ultime de l'économie circulaire doit se situer sur ce même plan. Toutefois, les efforts à une échelle micro, même s'ils sont sans grands effets à l'échelle macro, voire s'ils ont des effets contraires, peuvent être intégrés par d'éventuelles actions menées à l'échelle globale. Et quel que soit le caractère exigeant et impérieux de cet objectif global – le retour à une empreinte écologique correspondant à une planète –, il n'en existe pas moins une pluralité de moyens et de trajectoires économiques permettant de l'atteindre.

L'objectif de l'économie permacirculaire

L'économie circulaire se définit en premier lieu par son objectif : répondre aux enjeux environnementaux globaux. Or, nous avons atteint un degré inquiétant de dégradation du système-Terre, dont les dommages commencent désormais à se faire sentir. Le temps où l'on pouvait évoquer le dépassement de la biocapacité de la biosphère, lequel a commencé dès le début des années 1970, ou alerter sur le franchissement des limites du système-Terre, lesquelles sont autant de marqueurs de l'entrée dans l'ère de l'Anthropocène, sans que l'on puisse en constater la moindre conséquence, ce temps est révolu. Il n'est désormais pas un seul lieu sur Terre, où l'on ne puisse constater *de visu* les effets du changement climatique : la fonte des glaciers ; la montée du niveau des mers ; la violence des cyclones et autres typhons, avec une série de rafales de vent de plus de 360 km/h, allant de Haiyan, aux Philippines, en 2013, à Irma, en 2017, dans les Caraïbes, en passant par Pam, au Vanuatu, en 2015 ; les effondrements dans les Alpes ; les cratères qui apparaissent en Sibérie avec la fonte du pergélisol ; les vagues de chaleur de l'Arctique à l'Antarctique ; des précipitations plus violentes qu'à l'accoutumée provoquant des inondations spectaculaires et ravageuses ; l'accélération de la mon-

(1) NORTON B. (2005), *Sustainability: A Philosophy of Adaptive Ecosystem Management*, Chicago, University of Chicago Press.

Photo © John Shaw/PHOTOSHOT-BIOPHOTO



Fonte du permafrost au Spitzberg, près de Longyearbyen (capitale administrative de l'archipel du Svalbard au nord de la Norvège).

« Il n'est désormais pas un seul lieu sur Terre, où l'on ne puisse constater de visu les effets du changement climatique. »

tée des températures moyennes en 2016, et une année 2017 au diapason ; etc. Tout se passe en effet comme si les aléas climatiques de haute intensité à la destructivité accrue se multipliaient. Il est plus que temps de regarder la réalité en face !

Et nous disposons pour ce faire de deux types majeurs d'indicateurs. Le premier indicateur est celui de l'empreinte écologique. Nous consommons à l'échelle mondiale 1,7 planète, donc plus de ressources que la Terre n'est capable de nous en procurer sans dégradation. Avec cet indicateur, les capacités de la planète sont ramenées à un nombre d'hectares globaux. Or, notre consommation de ressources s'avère exiger, d'année en année, toujours plus d'hectares que la Terre ne peut nous offrir⁽²⁾. En 2017, le dépassement des capacités terrestres exploitables sans dommages est intervenu le 2 août. Force est même de constater que les flux mondiaux de matières croissent plus rapidement que le PIB mondial, et ce, depuis le début des années 2000⁽³⁾, en raison de la croissance des pays émergents et du maintien d'un niveau élevé des consommations matérielles dans les anciens pays industrialisés.

Le second type d'indicateur est celui des limites planétaires. Sur les neuf limites (voir la figure de la page suivante) dont le franchissement fait basculer le système-Terre dans un état inédit par rapport à celui que nous avons connu depuis le début de l'Holocène, il y a de cela 11 700 ans,

nous en avons franchi quatre : dans le domaine du climat, celui de la biodiversité, avec l'usage des sols, et au premier chef la déforestation, et celui concernant les flux de phosphore et d'azote associés à nos activités agricoles. L'espace inscrit à l'intérieur des limites planétaires est un espace de sécurité pour les sociétés, un espace correspondant aux possibilités d'habitabilité de la Terre caractéristiques de l'Holocène, cette période qui a permis l'essor des grandes civilisations⁽⁴⁾.

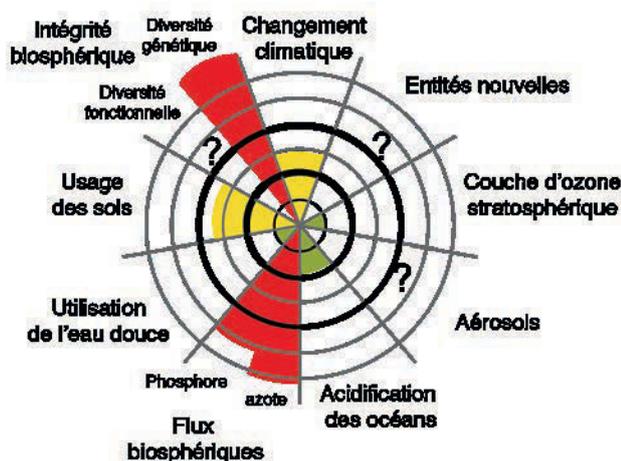
À cet état de choses global, il conviendrait d'ajouter la surexploitation de nombre de ressources non renouvelables, métaux en tête⁽⁵⁾.

(2) REES W. E. (1992), "Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out", *Environment and Urbanization*, vol. 4, n°2 ; WACKERNAGEL M. (1994), *Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability*, Vancouver, The University of British Columbia.

(3) UNEP (2016), *Global Material Flows and Resource Productivity*, http://unep.org/documents/irp/16-00169_LW_GlobalMaterialFlowsUNEReport_FINAL_160701.pdf

(4) ROCKSTRÖM J. et al. (2009), "A safe operating space for humanity", *Nature*, 24 september, vol. 461, n°7263, pp. 472-475. Analyse remise à jour par STEFFEN W. et al. (2015), "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Science*, 15 janvier 2015, DOI: 10.1126/science.1259855.

(5) BARDI U. (2015), *Le Grand Pillage. Comment nous épuisons les ressources de la planète*, Paris, Les Petits Matins.



Source : Alexander FEDERAU (2017), Pour une philosophie de l'Anthropocène, Puf, collection que je dirige, traduction du schéma de Steffen (article cité en note).

Qu'il s'agisse de l'empreinte écologique, des limites planétaires ou encore d'un troisième facteur, l'épuisement des géoressources, nous sommes confrontés aux mêmes conséquences : des dégradations irréversibles qui s'imposeront aux générations qui nous succéderont. Nous leur léguons une habitabilité dégradée de la Terre, et ce, au très long cours. Rappelons que si nous atteignons 3 °C d'augmentation de la température moyenne à la fin de ce siècle, la température augmentera encore de 2 °C au siècle suivant, et se maintiendra à ce niveau pendant quelques millénaires⁽⁶⁾. Quant au surcroît de carbone que nous aurons introduit dans l'atmosphère d'ici à la fin du siècle, la biosphère exigera 100 000 ans pour le résorber en grande partie⁽⁷⁾. L'horizon temporel est plus lointain encore en matière de biodiversité, puisque la reconstitution de la diversité des espèces, après une grande extinction, exige des millions d'années. Rappelons que la biomasse totale des animaux vertébrés terrestres (amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères) est constituée à plus de 95 % d'animaux domestiques⁽⁸⁾. Et nous assistons à un véritable « anéantissement » des vertébrés sauvages⁽⁹⁾, sans compter que les invertébrés ne vont guère mieux, comme en attestent nos pare-brise désormais indemnes d'insectes, ou presque, après de longs parcours estivaux et nocturnes⁽¹⁰⁾.

Le dessein de l'économie circulaire est ainsi de mettre fin à cette spirale délétère, celle d'une économie linéaire extrayant toujours plus de ressources et perturbant toujours plus le système qui l'accueille. En agissant de la sorte, nous faisons comme si nous disposions d'une autre planète. Or, nous ne fuirons pas sur Mars : l'atmosphère n'y est pas respirable, elle ne nous protégerait pas des rayonnements cosmiques et, qui plus est, sa surface est plutôt chlorée. En outre, nous ne disposons ni de l'énergie ni des matériaux pour pouvoir nous y rendre en masse. Terraformer Mars, si tant est que cela soit possible, exigerait un temps excédant toute forme de civilisation. Nous n'avons donc pas de plan B ni de planète B, nous devons donc nous résoudre à revenir, dans la mesure du possible, à l'intérieur des limites planétaires.

Les différents niveaux de la circularité

On peut distinguer trois niveaux de circularité, seul le dernier nous permettant d'arrêter de dégrader l'habitabilité de la Terre. Le premier niveau, -1, est (au mieux) propédeutique. C'est celui où les efforts ne sont conduits que sur le seul plan des biens produits et des entreprises, indépendamment des flux globaux et de leur réduction. Dématérialiser la production d'un bien, le produire avec une consommation de ressources qui se réduit tendanciellement, ce que l'on appelle gains de productivité, cela ne débouche nullement, en soi, sur une réduction des flux globaux. Au contraire, tel est le ressort traditionnel de la croissance économique et de celle, sous-jacente, des flux matériels. C'est la mécanique de l'effet rebond, mise au jour par Jevons au XIX^e siècle. Ce qui ne signifie pas non plus qu'il faille tourner le dos à ces gains, mais que leur effet sur la décroissance des flux dépend d'autres facteurs, et, plus généralement, du contrôle des flux entrants, au sein d'un système économique donné. Dans un monde où les flux entrants seraient contrôlés, les gains de productivité permettraient d'augmenter le nombre des bénéficiaires de produits ou de services donnés, sans accroître les flux globaux.

Le niveau 0 est celui de l'économie authentiquement circulaire des « 5R » (Réduire, Réparer, Réutiliser, Refabriquer et Recycler). Conditionné par le passage à un taux de croissance faible des flux annuels (inférieur à 1 %), il exige donc une économie ayant un faible taux de croissance. Comme l'a en effet montré François Grosse, avec un taux annuel de croissance de la consommation d'une ressource non renouvelable supérieur à 1 %, l'effet du recyclage, fût-il important, sur l'épuisement du stock de la ressource en question est quasi nul⁽¹¹⁾. C'est en effet le taux entrant qui conditionne l'efficacité du recyclage, et non l'inverse. La chose est aisée à comprendre : les matériaux recyclés le sont après un temps de résidence dans l'économie qui est très variable, mais qui peut atteindre quelques décennies. Or, lorsque le taux de croissance est important (par exemple de 3,8 %, comme il

(6) http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf, pp. 1106-1107.

(7) ARCHER D. (2010), The Long Thaw: How Humans Are Changing the Next 100,000 Years of Earth's Climate, Princeton University Press.

(8) SMIL V. (2003), The Earth's Biosphere: Evolution, Dynamics, and Change, MIT Press.

(9) CEBALLOS G. et al. (2017), "Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines", PNAS, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1704949114

(10) Au sujet des insectes volants, voir HALLMANN C. A. et al. (2017), "More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas", Plos One 18, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

(11) GROSSE F. (2010), « Le découplage croissance/matières premières : de l'économie circulaire à l'économie de fonctionnalité : vertus et limites du recyclage », Futuribles, juillet-août 2010, n°365, pp. 99-124 ; "Is Recycling "Part of the solution"? The role of recycling in an expanding society and a world of finite resources", SAPIENS (2010), vol. 3, n°1 ; "Quasi-circular growth: A pragmatic approach to sustainability for non-renewable materials management", SAPIENS (2011), vol. 4, n°2.

l'est pour nombre de métaux), la partie de matière recyclée ne constitue, au moment de sa réintroduction dans l'économie, qu'une faible part de la quantité de matières alors consommée. Par exemple, selon toujours François Grosse, « la consommation mondiale d'acier pendant l'année 2011 – environ 1,5 milliard de tonnes – a été supérieure à la production cumulée de fer de toute l'espèce humaine jusqu'à 1900, [et ce] depuis les origines préhistoriques de la sidérurgie ⁽¹²⁾ ». Il serait bien sûr tout à fait opportun, dans cette optique, d'imposer aux industriels de substituer aux matières premières utilisées des matières premières recyclées ou biosourcées, en partant évidemment d'un taux bas, augmentant progressivement ⁽¹³⁾. Ce serait d'ailleurs la seule façon de rendre les filières de recyclage rentables. Quant aux matières biosourcées, elles devraient évidemment être produites de façon agroécologique, afin de ne pas contribuer d'une autre manière à la dégradation de l'écosystème. Mais, même en restant à ce niveau, nous ne reviendrions pas pour autant à l'intérieur des limites planétaires, tant nos niveaux de prélèvement actuels sont élevés.

Le niveau 1 est celui de l'économie que nous désignons, avec mon coauteur, Christian Arnsperger, du qualificatif de permacirculaire ⁽¹⁴⁾. Ce troisième niveau intègre les outils du niveau -1 et la substitution de matières premières recyclées ou biosourcées aux matières premières extractives (du niveau 0), auxquels s'ajoute le retour à une empreinte écologique d'une seule planète, et donc une décrue, dans un premier temps, des flux de matières et d'énergie. Plus généralement, une économie permacirculaire est une économie régénérative, au premier chef des sols, d'où l'appellation de "perma"circulaire. Elle cherche à revenir à l'espace de sécurité des sociétés pour ne plus en ressortir. Cette économie permacole et agroécologique jouerait sur la complémentarité entre les plantes, elle régénérerait les sols et stockerait du carbone tout en fournissant de nombreuses matières premières biosourcées.

La conduite d'une économie permacirculaire implique quatre niveaux de mesure : micro (échelle d'un site industriel ou d'un secteur), méso (mesure de la redescende d'une économie), macro (empreinte écologique et limites planétaires) et, *in fine*, culturel et politique. Il faut entendre derrière l'objectif 1 pour la planète, un objectif plus large de retour très progressif à l'espace de sécurité évoqué, pour autant que cela soit possible. Les limites planétaires, même si elles peuvent se traduire en objectifs *ad hoc* de politiques publiques ⁽¹⁵⁾, ne se prêtent guère à cet exercice du fait de leur horizon temporel très lointain. D'où la nécessité de construire des indicateurs mixtes, voire complexes.

Il n'est pas possible d'exposer ici dans tous ses détails ce que pourrait être une économie permacirculaire. Je

renvoie donc le lecteur à notre livre. Je me bornerai à un principe clé : si l'objectif du retour à l'empreinte écologique d'une seule planète est impérieux, les moyens d'y parvenir sont en revanche divers et susceptibles d'emprunter des trajectoires économiques variées. Cette proposition va au rebours de la planification écologique. On peut imaginer au moins trois de ces trajectoires possibles. La première est *high-tech* et hautement capitalistique. Rien ne nous dit en effet que ce type d'économie n'est pas le plus performant pour produire certains biens ou services sophistiqués, utiles à tous les autres secteurs. Elle renverrait à ce que Pierre-Noël Giraud entend par « emplois nomades », c'est-à-dire des emplois non liés à un territoire en particulier et hautement concurrentiels. La deuxième trajectoire est l'économie sociale et solidaire, et, ici, tout autant hautement environnementale. On peut imaginer que, grâce à un taux de croissance faible, voire négatif, pour de nombreux types d'activité très ancrés territorialement et liés à des ressources locales, elle soit tout particulièrement appropriée. Elle devrait permettre de développer des activités liées au recyclage, à la substitution aux matériaux traditionnels de matériaux recyclés ou biosourcés provenant de gisements locaux. On peut mentionner un troisième secteur, expérimentateur, mêlant recherche de nouveaux modes de vie et de production, comme c'est le cas avec la permaculture. L'expérimentation pourrait aussi se situer tant du côté des activités et biens nouveaux susceptibles d'être développés à partir des biens biosourcés que de celui d'une nouvelle organisation de la production inspirée du fonctionnement non hiérarchique des écosystèmes et mêlant *open source* international et fabrication locale, etc ⁽¹⁶⁾.

La société qui pourrait alors se profiler serait beaucoup plus pluraliste que nos sociétés actuelles, avec un respect marqué de nos libertés, lesquelles tendent aujourd'hui à s'éteindre sous la pression d'acteurs économiques de plus en plus puissants.

(12) GROSSE F. (2015), « Économie circulaire », in BOURG D. et PAPAUX A., Dictionnaire de la pensée écologique, PUF, p. 350.

(13) Voir BOURG D., GROSSE F. et FERRARI R. (2017), « Économie circulaire : imposer des matières recyclées dans les produits neufs », Le Monde.fr, 9 juillet 2017.

(14) Je renvoie plus généralement à notre livre, ARNSPERGER Ch. et BOURG D. (2017), Écologie intégrale. Pour une société permacirculaire, Paris, PUF.

(15) DAO Hy et al. (2015), Limites et empreintes environnementales de la Suisse dérivées des limites planétaires, Université de Genève, mai 2015.

(16) DELANNOY I. (2017), L'Économie symbiotique, Arles, Actes Sud.

L'ambitieux objectif français de la neutralité carbone nette en 2050

Par Jérôme BOUTANG

Directeur général du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA)

et Mark TUDDENHAM

Responsable de l'information du CITEPA

L'Accord de Paris (COP21) du 12 décembre 2015 prévoit explicitement l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone au cours de la seconde moitié du XXI^e siècle. En France, la loi sur la transition énergétique et la croissance verte (LTE) a fixé des objectifs climat-énergie élevés, dont celui de la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050 (base 1990), un objectif déjà présent dans la loi sur l'énergie de 2005 et la loi Grenelle 1 de 2009.

Nous souhaitons souligner ici trois points clés de la mobilisation française en faveur du climat, à savoir : *l'ambition, la modélisation et la participation*.

Ainsi, le niveau des ambitions françaises est très élevé, déclinant au niveau de notre territoire national les ambitions planétaires tout en les avançant à 2050. Par ailleurs, la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), dans sa seconde version, fait appel à des exercices complémentaires de modélisation. Enfin, cette stratégie repose sur une méthode participative impliquant les citoyens, les ONG, les entreprises, les experts et les territoires.

Une grande ambition nationale

Le fruit d'une volonté politique

Amplifiant et officialisant une communication du président François Hollande, faite à Marrakech, lors de la COP22, en novembre 2016, le Premier ministre Édouard Philippe a annoncé, le 4 juillet 2017, vouloir aller plus loin en fixant un nouveau cap, celui de la neutralité carbone « vers le milieu du siècle ». La France est ainsi l'un des premiers pays, avec la Suède (qui a retenu l'horizon 2045), l'Allemagne (2050), la Norvège (2030), le Costa Rica (2021), le Bhoutan (2050) et le Libéria (2050), à se fixer un objectif de neutralité carbone. Selon le Premier ministre, dans son discours de politique générale, se référant aux écrits de Jared Diamond⁽¹⁾, « il nous revient donc de préparer notre pays et notre planète à cette nouvelle ère, de ne pas subir, mais de la façonner (...). Notre rapport aux ressources doit être profondément modifié... ».

Il s'agit d'un acte fort et volontaire. En effet, il n'est pas exigé des Parties signataires de l'Accord de Paris qu'elles se fixent *a priori* un objectif de réduction d'émissions. Chacune d'elles est libre d'estimer la date à laquelle elle pense atteindre ses objectifs carbone ainsi que les mesures qu'elle compte prendre à son niveau pour y parvenir (par rapport à l'objectif global planétaire, c'est-à-dire ar-

river à limiter la hausse des températures à 2°C d'ici à la fin du siècle).

Cet engagement national se décline en deux plans stratégiques : la SNBC et le Plan Climat. Tout d'abord, la SNBC s'inscrit dans un contexte européen⁽²⁾ et, plus largement, international⁽³⁾, qui prévoit l'échéance de 2020 pour la communication des stratégies nationales bas carbone devant permettre de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Le nouveau Plan Climat (du 6 juillet 2017) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) vise, quant à lui, à renforcer l'action climat de la France dans une perspective 2040. Il prévoit des mesures à mettre en œuvre sur les cinq prochaines années dans

(1) Notamment DIAMOND J. (2009), *Effondrement*, Gallimard.

(2) Article 4 du règlement (UE) 525/2013 (dit règlement MMR) obligeant les États membres (et la Commission, au nom de l'Union européenne (UE)), à élaborer leurs stratégies de développement à faible intensité de carbone (conformément à toutes les dispositions en matière de déclaration arrêtées d'un commun accord au niveau international, dans le cadre du processus CCNUCC).

(3) Article 4 de l'Accord de Paris : « Toutes les Parties devraient s'efforcer d'élaborer et de communiquer des stratégies à long terme de développement à faibles émissions de GES », et Décision 1/CP.21 par.35 : « Les Parties sont invitées à communiquer, d'ici à 2020, au Secréariat de la CCNUCC leurs stratégies de développement à faibles émissions de GES à l'horizon 2050 ».

l'ensemble des secteurs d'activité, avec une attention particulière portée aux secteurs de l'énergie (extraction d'énergies fossiles et transports), de l'agriculture et de la forêt.

Le principe de la neutralité carbone

Parvenir à la neutralité carbone revient à atteindre un équilibre entre les émissions et l'absorption des gaz à effet de serre (GES), soit un bilan net neutre entre les sources et les puits. L'atteinte de cet objectif de réduction repose donc à la fois sur une combinaison de mesures de mitigation et de technologies d'atténuation des émissions, sur une maximisation des absorptions anthropiques de carbone par les forêts et les terres agricoles⁽⁴⁾ et, enfin, sur les compensations d'émissions autorisées par l'achat de crédits de carbone sur les marchés internationaux⁽⁵⁾.

Dans ce cadre, il s'agit de prendre en compte les émissions directes de gaz à effet de serre (c'est-à-dire celles émanant de sources d'émissions primaires telles que des cheminées d'usines ou les pots d'échappement), telles qu'elles sont comptabilisées dans les inventaires nationaux d'émissions⁽⁶⁾, à l'exclusion des émissions indirectes (qui correspondent à la consommation de matières ou de composants élaborés en dehors de nos frontières).

Bien que moins strict que celui d'une neutralité carbone résultant du seul fait des abattements, ou *a fortiori* d'une comptabilisation (du reste difficile) des émissions indirectes, cet objectif demeure cependant très ambitieux⁽⁷⁾. Il ne pourra être atteint qu'en opérant une transformation radicale et coordonnée des techniques et des politiques énergétiques et en incitant à d'importants changements de comportements en matière de mobilité et de consommation⁽⁸⁾.

Les trajectoires prévisibles des émissions de GES dans l'atmosphère

Le futur scénario AMS s'inspire d'un certain nombre de travaux menés à la Chaire Économie Climat Paris Dau-

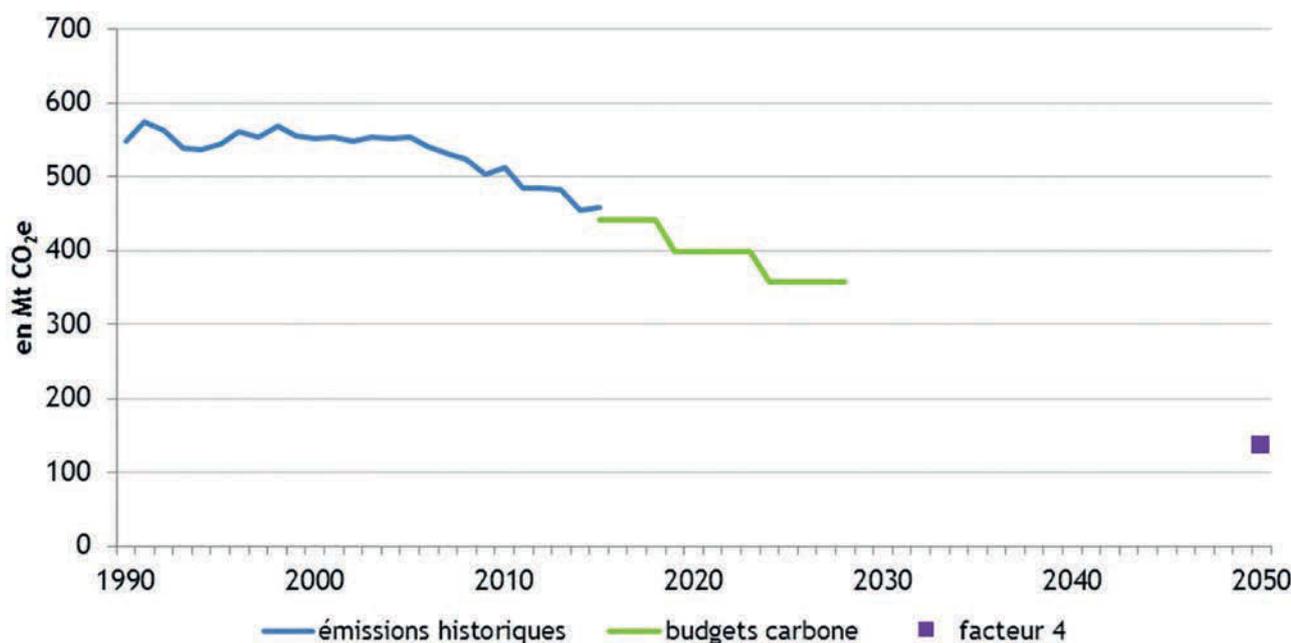
(4) Le secteur de l'utilisation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (UTCATF) permet de comptabiliser les flux d'absorption anthropiques des émissions de gaz à effet de serre (dans la biomasse et les sols).

(5) Les marchés internationaux de carbone sont ceux, par exemple, de l'UE, le système d'échange de quotas d'émission de GES (SEQUE). Il inclut, depuis 2012, l'aviation et, depuis 2013, le chauffage urbain et il couvre aujourd'hui de 40 à 45 % des émissions totales de GES de l'UE (versus 22 % en France) (source : AEE (2017), Trends and Projections in Europe 2015 – Tracking Progress towards Europe's Climate and Energy Targets).

(6) Les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre sont réalisés par le CITEPA pour le compte du MTES, conformément aux directives de la CCNUCC (<http://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions>). Le CITEPA participe et favorise les consultations au travers de son forum international et de sa journée d'étude annuelle. Il émet des jugements d'expert sur certaines politiques et mesures et réalise des projections d'émissions en fonction de scénarios qui lui sont donnés par le MTES.

(7) Bien que l'empreinte prenne en compte (en principe) le mode de vie des Français – leur consommation –, son mode de calcul est entaché de sévères incertitudes inhérentes à la production lointaine des biens concernés. Elle résulte aussi de facteurs indépendants de la consommation (désindustrialisation, origines des biens et des services, actions délocalisées). Malgré une vision partielle du mode de vie national, des éléments forts militent en faveur du calcul des émissions directes. Il est dit « MRV » (Mesure-Reporting-Verification), c'est-à-dire qu'il est mesurable, notifiable et vérifiable par des tiers. Mais, surtout, la somme des émissions directes de qualité MRV et de tous les pays constitue l'empreinte écologique de l'humanité tout entière.

(8) Le Plan Climat concerne le périmètre Kyoto, soit la métropole et l'Outre-Mer faisant partie de l'UE.



Émissions historiques de GES en France 1990-2016, budgets carbone* actés et facteur 4.

*Budgets carbone : 2015-2018, 2019-2023 et 2023-2028. Périmètre Kyoto : métropole + DOM.

Sources : CITEPA, format Plan climat, avril 2017 et décret n°2015-1491 du 18 novembre 2015.

phine, au CGEDD, au CGDD ainsi qu'à la DGEC⁽⁹⁾. Avec l'adoption de mesures supplémentaires (AMS), le pay-sage des sources d'émissions devrait être bien différent dès 2035. Le poids de l'industrie, comme celui de la combustion, aura diminué. Les énergies renouvelables (EnR) auront accru leur poids au sein du mix énergétique. Les bâtiments rénovés émettront moins de GES. Les transports auront engagé une véritable mutation du fait de la part prise par l'électricité et de la baisse de la consommation de carburants, mais aussi du fait d'une meilleure organisation du territoire et de l'optimisation des trajets. Les émissions resteront très largement corrélées à la consommation de carburant, et donc au trafic. Agriculture et déchets contribueront de manière croissante aux abattements (les surfaces cultivées diminueront et le cheptel restera stable).

Au-delà de ce scénario, la prochaine SNBC permettra de tenir compte des évolutions déjà constatées, d'approfondir certains sujets, de mieux prendre en compte les enjeux des impacts du changement climatique et, enfin, d'examiner les leviers susceptibles d'être mobilisés pour atteindre la neutralité carbone.

L'objectif de la neutralité carbone s'appuie sur divers travaux de modélisation

Dans sa première version, la SNBC avait déjà considéré un horizon 2050 et s'appuyait sur des scénarios quantitatifs sous-jacents jusqu'en 2035. Sa version II s'inspirera de travaux de modélisation originaux permettant d'atteindre quantitativement la neutralité carbone en 2050.

À titre d'exemple significatif, le Commissariat général au Développement durable (CGDD) a conçu un outil de simulation, TITAN (*Trajectoires optimisées des Technologies d'Abatement pour la Neutralité carbone*, baptisé « D-CAM » dans sa première version), qui a pris naissance en parallèle de la SNBC I. Il est prévu d'utiliser cet outil lors de la révision de la SNBC.

Dans TITAN, plus de 500 gisements de réduction des émissions ont été identifiés et décrits selon trois paramètres : 1) leur potentiel de déploiement dans l'économie, 2) la vitesse de leur déploiement, et 3) leur coût. Ces gisements sont soit technologiques, soit comportementaux. Pour atteindre l'objectif de Zéro Émission Nette, de l'ordre de 140 millions de tonnes de CO₂ résiduelles devront être « compensées » par divers moyens, tels que des abattements complémentaires, des compensations, les puits de carbone ou encore les mécanismes du marché.

La première utilisation envisageable de TITAN est de tester et comparer entre eux différents scénarios basés sur des variantes de politiques et de mesures. La seconde utilisation consiste à identifier les éventuels risques et verrouillages technologiques associés à certaines trajectoires de développement de technologies bas carbone. Le calcul en coûts moyens permet d'ordonner politiques et mesures, quitte à ce que certains investissements coûteux soient réalisés très tôt. Par exemple, afin que la capture/séquestration du carbone puisse avoir un impact signifi-

catif dès 2030, des investissements devraient être lancés très rapidement. D'autre part, le CGDD et France Stratégie ont convenu de scénariser, voire de tester certaines hypothèses par un processus de consultation ouvert aux experts, aux ONG environnementales et aux entreprises privées.

Un second exemple de modélisation est celui du modèle d'équilibre général calculable Three-ME. Dans le cadre de l'élaboration de la SNBC et afin d'évaluer les effets combinés des nombreux instruments mobilisés dans la transition vers une économie décarbonée, tant d'un point de vue sectoriel que macroéconomique, l'ADEME et le MTES ont conjointement utilisé ce modèle. Three-ME a été développé en 2008 par l'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE) et l'ADEME, puis examiné avec le MTES depuis 2013. Ces travaux d'évaluation ont en particulier permis de révéler des bénéfices à la fois écologiques et économiques. Le modèle Three-ME est multisectoriel : il couvre 24 secteurs économiques (agriculture, services non marchands, sidérurgie, transport ferroviaire, production d'énergie, etc.), ce qui permet d'analyser les effets des transferts d'activité d'un secteur à un autre (en termes d'emploi, d'investissement, d'importations, etc.). Enfin, le modèle Three-ME prend en compte quatre facteurs de production (le capital, le travail, les consommations intermédiaires et l'énergie) et 17 types d'énergie plus ou moins substituables⁽¹⁰⁾ (pétrole, biocarburants, nucléaire, gaz, géothermie, éolien, etc.).

D'autres exercices de projection de premier plan enrichissent la réflexion collective sur l'efficacité des politiques publiques en faveur du climat. Citons les modélisations *ex post* et *ex ante* opérées par le Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED)⁽¹¹⁾, ainsi que les recherches de l'Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (IDDRI) sur les changements et les politiques d'atténuation à opérer dans le cadre du projet « *Deep Decarbonization Pathways*⁽¹²⁾ ».

Un processus de consultations élargies

Les « budgets carbone » de la SNBC sont établis par secteur d'activité et sont accompagnés de cibles indicatives. La SNBC constitue un ensemble de 23 recommandations

(9) Rapport de présentation des hypothèses des scénarios 2014-2015 (2016), MEEM, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/scenarios-prospectifs-energie-climat-air>

Courbes d'abattement dynamiques (outil « D-CAM » du CGDD).

CGDD (2016), Projections de la demande de transport sur le long terme.

CGEDD (2017), Actualisation des analyses sectorielles du rapport du CGEDD de février 2013 relatif à la division par 4 des émissions de GES à l'horizon 2050.

Centre d'analyse stratégique (2011), Rapport du Comité Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone, présidé par Christian de Perthuis, de la Chaire Économie du Climat de l'Université Paris-Dauphine.

(10) Source : CGDD/SEEIDD (2016), Stratégie nationale bas carbone, une évaluation macroéconomique, collection « Thema ».

(11) <http://www2.centre-cired.fr/Changement-climatique-et-strategies-de-developpement-2189>

(12) <http://www.iddri.org/Projets/The-Deep-Decarbonization-Pathway-Project>

transversales (par exemple, sur l’empreinte, sur les investissements, sur la R&D, etc.), 44 recommandations sectorielles et 108 indicateurs transversaux et sectoriels et, enfin, 13 indicateurs de contexte.

À l’occasion de la révision de la SNBC, il est primordial de pouvoir discuter avec les parties prenantes de ces orientations, notamment sectorielles. Un premier comité d’information et d’orientation de la stratégie exposant la démarche collaborative et le calendrier de cette révision par le MTES s’est tenu le 27 juin 2017. Des groupes de travaux sectoriels prenant en compte l’objectif de neutralité se sont déroulés de septembre à décembre 2017.

Afin de permettre ces changements importants dans les modes de vie et de production, il y a en effet un intérêt fondamental à ce que tous les acteurs se parlent et échangent. De plus, l’ensemble de l’information doit être piloté et coordonné de façon évolutive afin que la transition énergétique se réalise, que la réduction des émissions soit significative, que des opportunités s’ouvrent en matière économique et sociale, que le changement soit accepté socialement et, enfin, que les scénarios imaginés prennent en compte les vrais contraintes et enjeux pour toutes les parties prenantes.

Les secteurs et les filières se retrouvent dès lors à la fois sources d’émissions et acteurs potentiels du changement et de la diffusion de la connaissance.

De plus, certaines réflexions sont transversales et dépassent donc le périmètre des secteurs : par exemple, le transport et le résidentiel recouvrent à la fois des problématiques d’énergie, de transport et d’organisation de l’espace. Dans son processus de révision périodique, la SNBC a élargi ses parties prenantes aux ONG.

La France dispose d’atouts considérables pour organiser cette transformation.

Son premier atout réside dans son réseau d’experts publics et privés et dans sa méthode de consultation et de concertation. Nous dressons ci-après une liste (non exhaustive) des spécialistes directement sollicités.

Le MTES pilote l’ensemble et mobilise ses experts de la DGEC, du CGEDD et du CGDD. France Stratégie, la Chaire Économie du climat de Paris-Dauphine, le CIREC, l’IDDRI et l’ADEME accompagnent la modélisation des trajectoires. Le CITEPA comptabilise les émissions passées, présentes et à venir et favorise le dialogue entre les experts sectoriels et la recherche. Les Instituts, les *think tanks* et les ONG (l’INERIS, I4CE, The Shift Project, l’Institut Montaigne, la Fondation Jean Jaurès, France Nature Environnement, le Réseau Action Climat, Fondation pour la Nature et l’Homme, etc.) alimentent la réflexion prospective. Les réseaux d’entreprises (MEDEF, AFEP, Entreprises pour l’Environnement) mobilisent les entreprises privées dans la lutte contre le changement climatique, ainsi que pour orienter utilement l’action des pouvoirs publics. Les acteurs non étatiques comme les entreprises et les villes doivent pouvoir disposer de cadres méthodologiques et règlementaires les incitant à mettre en place des politiques et des mesures efficaces et transparentes.

La seconde force de la France réside dans une approche « intégrant » l’énergie, la qualité de l’air et le climat. Cette intégration est la clé de voûte de la LTE. Elle facilite les transformations attendues en examinant les problématiques environnementales en synergie et en évaluant de possibles co-bénéfices. En effet, des politiques et des mesures bien choisies peuvent contribuer à une meilleure qualité de l’air à court terme et à une atténuation du changement climatique à long terme. Ainsi, la direction générale de l’énergie et du climat du MTES regroupe des compétences en matière de qualité de l’air et de changement climatique. Les inventaires nationaux d’émissions réalisés par le CITEPA sont issus d’une approche fortement intégrée.

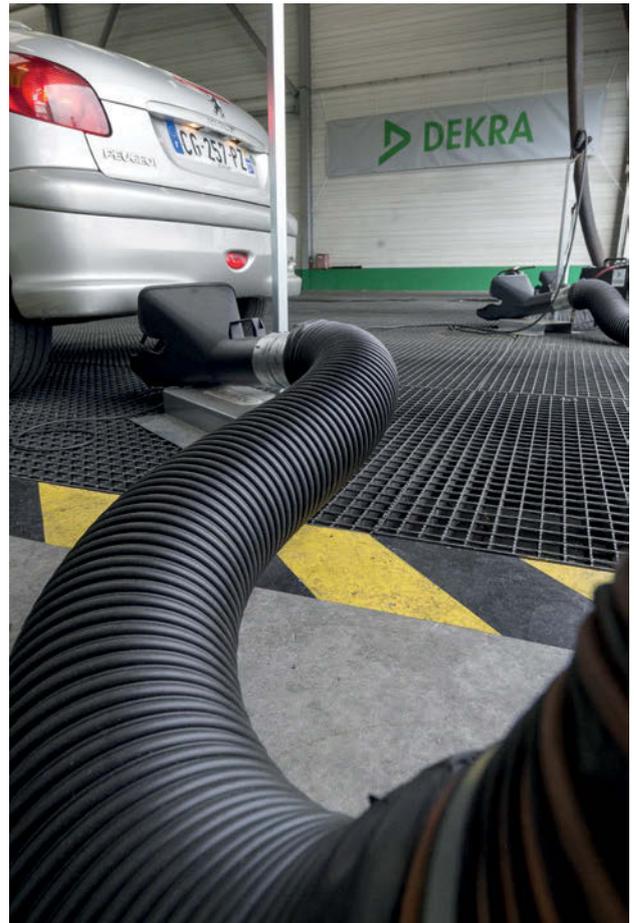


Photo © Gilles Rollet/REA

Mesure des émissions gazeuses d’un véhicule dans un centre de contrôle technique DEKRA.

« Des politiques et des mesures bien choisies peuvent contribuer à une meilleure qualité de l’air à court terme et à une atténuation du changement climatique à long terme. »

Conclusion

Ambition - modélisation - participation... Ce triptyque est le fondement de la mobilisation française en faveur du climat. Il se fixe sur un objectif ambitieux, à l’instar de ceux de l’Allemagne ou de la Suède. Cet élan collectif repose sur la modélisation des impacts de divers scénarios de

politiques et mesures, ainsi que sur une très large participation des parties prenantes professionnelles et citoyennes.

Ainsi le rappelle Franck Lecocq, le directeur du CIREN⁽¹³⁾, « la trajectoire « de référence » (avec uniquement les politiques et les mesures actuelles) ne permettrait même pas d'atteindre un objectif Facteur 4 à l'horizon 2050. Atteindre la neutralité (carbone) nette nécessite une accélération rapide de l'action. Il est (au moins techniquement) possible d'atteindre un objectif de type facteur 4, voire facteur 5, à l'horizon 2050, avec notamment une large décarbonation du mix énergétique, une électrification des vecteurs énergétiques et une atténuation soutenue dans des secteurs dont les émissions ont encore été peu réduites jusqu'à présent, comme l'agriculture ou les transports ».

À la racine de ces exercices figure la raison, condition *sine qua non* de leur réussite. La rationalité des acteurs politiques, économiques et citoyens guidera nos actions collectives, loin de toute idéologie ou utopisme.

Par ailleurs, au cœur du triptyque cohabitent de puissants leviers et forces de rappel. Ainsi, il nous paraît important d'être réalistes dans le rythme attendu des changements de comportements et des mutations sociales au cours des trente prochaines années. Une approche raisonnée des innovations de rupture et du mix énergétique pourrait alléger le poids des transformations comportementales au profit des nouvelles technologies (dites « disruptives »). Parmi celles-ci figure, en bonne place, la capture (directement

au niveau des sources d'émission ou dans l'air ambiant), le stockage et l'utilisation du carbone, sans lesquels une neutralité carbone nette paraît un objectif hors d'atteinte.

Plus largement, des études coûts et bénéfiques des technologies et des énergies propres reposeront utilement sur des données issues des acteurs économiques et des experts, sans esprit de lobbyisme. À partir d'un objectif carbone central, des co-bénéfices de compétitivité, de préservation des ressources en eau, de la biodiversité et de la qualité de l'air pourront être pris en compte.

Les mécanismes de marché et des prix du carbone (s'appliquant à tous ou déterminés en interne au sein des entreprises) seront une variable d'ajustement essentielle, au même titre que le dimensionnement du puits carbone de la France. Une modélisation de la dynamique d'utilisation des terres (UTCATF) éclairera les débats sur les mutations de l'agriculture et de l'élevage, ainsi que sur celles de la gestion de la forêt et du bois.

Remerciements

Nous tenons ici à remercier vivement les personnels de la DGEC et du CGDD, pour leurs conseils avisés et pour leur relecture attentive, ainsi que M. Franck Lecocq, directeur du CIREN, pour sa contribution.

(13) Rapport de la journée d'étude du CITEPA sur la neutralité carbone, <http://www.citepa.org/images/jouet/2017/presentations/>

Climat et transition énergétique

Par Richard LAVERGNE

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'économie (CGE)

Les liens entre transition énergétique et lutte contre le changement climatique sont moins évidents que l'on pourrait le penser de prime abord. Le concept, pas toujours bien compris par les citoyens, varie selon les parties prenantes et les pays dans lesquels il est mis en œuvre. Il apparaît que le climat n'est pas nécessairement la préoccupation primordiale d'un programme de transition énergétique et que, de façon générale, l'analyse des impacts socio-économiques d'un tel programme mériterait d'être renforcée.

Qu'appelle-t-on « transition énergétique » ?

Il n'est pas facile de trouver une définition de la « transition énergétique » qui fasse autorité. Celle figurant dans Wikipédia est plutôt vague : « La transition énergétique désigne une modification structurelle profonde des modes de production et de consommation de l'énergie ». Plus disert, le Commissariat général au Développement durable (CGDD) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) a publié une fiche Théma intitulée « La transition, analyse d'un concept », qui énonce : « Le [MTES] institutionnalise la notion de transition, qui prend depuis quelques années une place croissante dans la réflexion et l'action pour une société plus durable. Qu'elle soit écologique, énergétique, sociale, solidaire, économique, démocratique, numérique ou encore managériale, la transition se caractérise par une transformation profonde des systèmes. Une pluralité d'acteurs se revendique du concept de transition : la recherche s'attelle à en identifier les ressorts, les institutions souhaitent en dessiner les orientations et la société civile s'engage et l'aiguillonne à travers des expérimentations innovantes ».

Dans le dossier du Débat national sur la transition énergétique (DNTE, juillet 2013), sous la signature de la ministre Delphine Batho alors en charge de l'environnement et de l'énergie, la définition reste ample : « La France doit aujourd'hui s'engager pleinement dans une modernisation de ses modes de consommation et de production d'énergie : elle doit s'engager dans la transition énergétique. Cette transition doit lui permettre d'infléchir sa trajectoire pour répondre à plusieurs phénomènes qui se rencontrent ».

La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (loi TECV) du 17 août 2015 définit indirectement la transition énergétique dans son article 1^{er}, qui prévoit que la politique énergétique, entre autres, « favorise l'émergence d'une économie compétitive et riche en emplois grâce à la mobilisation de toutes les filières industrielles, notamment celles de la croissance verte, qui se définit comme

un mode de développement économique respectueux de l'environnement, à la fois sobre et efficace en énergie et en consommation de ressources et de carbone, socialement inclusif, soutenant le potentiel d'innovation et garant de la compétitivité des entreprises ».

La définition la plus précise se trouve finalement dans la présentation qui a été faite du projet de loi TECV en Conseil des ministres du 30 juillet 2014, dans laquelle la ministre Ségolène Royal, alors en charge de l'environnement et de l'énergie, indiquait que « la transition énergétique vise à préparer l'après-pétrole et à instaurer un nouveau modèle énergétique français plus robuste et plus durable face aux enjeux d'approvisionnement en énergie, à l'évolution des prix, à l'épuisement des ressources et aux impératifs de la protection de l'environnement ». Elle ajoutait qu'à ce titre, la loi LTECV devait permettre « de consommer mieux, de produire autrement, de faire progresser la société et de créer des emplois ».

L'expression « transition énergétique » a été popularisée en France essentiellement à partir de la campagne pour l'élection présidentielle de 2007 et surtout de celle de 2012, mais elle était utilisée dans certains pays d'Europe, plutôt par les chercheurs et les associations environnementales, au moins depuis le début des années 1990. Ainsi, les Pays-Bas ont mis en avant la « *Energietransitie* » dans la recherche d'un nouveau modèle économique pour la période suivant l'épuisement de leur énorme gisement de gaz de Groningue. Dans les pays anglo-saxons, on préfère parler d'« *energy transformation* » et, dans les pays asiatiques (notamment au Japon), de « *low-carbon society* », mais, dans les deux cas, les problématiques sont voisines.

L'effet de la transition énergétique sur le climat : accords, désaccords et incertitudes

On peut comprendre *a priori* que l'expression « transition énergétique » vise en priorité la décarbonation de l'économie d'un pays, c'est-à-dire la fin de l'usage des énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon, dont lignite), qui sont



Photo © SUNGROW China

La société Sungrow exploite la plus grande centrale solaire flottante au monde (d'une puissance de 40 MW). La centrale solaire de Huainan (Chine) d'une superficie de 800 000 m² est posée sur un lac artificiel recouvrant une ancienne mine de charbon.

« L'attrait pour les énergies renouvelables "variables" (qualifiées aussi d'énergies "intermittentes") est assez généralisé au niveau mondial, malgré l'opposition de citoyens qui peut apparaître dans certaines circonstances au niveau local. Il peut s'expliquer par la forte baisse (récente) du coût des équipements (éolien, photovoltaïque) obtenue principalement grâce à leur industrialisation de masse en Asie. »

fortement émettrices de gaz à effet de serre, bien qu'en Allemagne, certains écologistes l'aient mise en deuxième priorité, après la sortie du nucléaire. Celle-ci a d'ailleurs été engagée par l'Allemagne en 2011, suite à l'accident de Fukushima-Daiichi au Japon, dans le cadre de l'« *Energiewende* » qui se traduirait plutôt par « tournant énergétique », l'intention étant de changer, rapidement et pratiquement « à 180° », la politique énergétique allemande, voire européenne.

Néanmoins, pour certaines parties prenantes de la politique énergétique française, la transition énergétique va bien au-delà de la décarbonation : c'est ce que signifiaient les propos précités de la ministre Ségolène Royal. Il s'agit, avec plus ou moins d'intensité selon l'interlocuteur, mais avec, en général, l'idée d'une évolution graduelle, de réduire les prélèvements de ressources naturelles, de décentraliser la politique énergétique, de définir de nouveaux modèles de production et de consommation d'énergie, de relocaliser l'activité économique liée à l'énergie et de réduire la dépendance aux importations, voire de sortir du nucléaire ou de s'engager sur la voie d'une décroissance économique.

Une des questions posées sur le lien entre climat et tran-

sition énergétique est celle de savoir si les diverses composantes qui se surajoutent à la préoccupation principale de la lutte contre le changement climatique ne risquent pas d'affaiblir cette dernière. Les avis sont partagés sur ce point : certains prônant une focalisation sur la lutte contre le changement climatique au motif qu'il s'agit d'une urgence environnementale et qu'il est plus « coût-efficace » de se limiter à un seul objectif. D'autres considèrent, au contraire, que des objectifs complémentaires, principalement en matière d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables, sont incontournables – politiquement et/ou diplomatiquement – afin d'obtenir l'assentiment des principales parties prenantes. La Commission européenne, avec ses objectifs « 3 x 20 % » en 2020 ou « 40 % - 30 % - 27 % » en 2030, consacre cette approche multicritères dans son paquet « Une énergie propre pour tous les Européens », bien que, pour 2030, la Commission ait admis une certaine flexibilité entre États membres.

Des études d'impact sont obligatoirement réalisées en accompagnement des projets de textes tant européens que français, mais elles sont trop souvent partielles et complexes à interpréter, d'autant plus que la discipline de modélisation macro-économique de l'impact d'un scénario

énergétique fait encore l'objet de débats non conclusifs entre chercheurs (un exemple en étant l'opposition entre partisans du « *wage setting* » et ceux des « courbes de Phillips »).

Un indicateur éclairant serait le coût public (au sens de la Cour des comptes) d'abattement du CO₂, c'est-à-dire le rapport entre, d'une part, la dépense publique totale consacrée au financement d'un équipement ou d'un dispositif permettant de réduire les émissions de CO₂ et, d'autre part, la somme de ces gains d'émissions sur toute la durée de vie des équipements ou des dispositifs considérés. Malheureusement, il est rarement mis en évidence, peut-être parce qu'il peut paraître dissuasif à court terme, mais aussi parce qu'il serait réducteur à lui seul puisqu'une mesure publique de politique énergétique peut aussi se justifier par des considérations, plus difficiles à quantifier, d'indépendance énergétique, de diversification des approvisionnements, de structuration d'une filière industrielle nationale compétitive sur le marché international, de cohésion sociale et territoriale, etc.

La prise en compte d'un tel coût conduirait naturellement à orienter les efforts vers les secteurs dans lesquels les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont les plus abondantes et les plus faciles à réduire (les transports : 29 %, l'industrie manufacturière : 23 %, l'agriculture/sylviculture : 20 %, le résidentiel/tertiaire : 19 %), plutôt que vers la branche énergie, qui, en France, n'est responsable que de 9 % des émissions « territoriales » (à cet égard, si les accords internationaux le permettaient, il serait intéressant de regarder également l'empreinte carbone de produits utilisés en France dont la fabrication est responsable de fortes émissions de GES en dehors du territoire national).

L'attrait pour les énergies renouvelables « variables » (qualifiées aussi d'énergies « intermittentes ») est assez généralisé au niveau mondial, malgré l'opposition de citoyens qui peut apparaître dans certaines circonstances au niveau local. Il peut s'expliquer par la forte baisse (récente) du coût des équipements (éolien, photovoltaïque) obtenue principalement grâce à leur industrialisation de masse en Asie. Celle-ci a été tirée par d'importantes subventions octroyées, tant en France que dans le reste de l'Europe, pour soutenir la consommation d'électricité issue de ces équipements (tarifs d'achat, appels d'offres, priorité d'accès au réseau...), qui ont jusqu'ici relativement peu profité aux industriels français.

À partir d'un certain niveau, cet engouement peut entraîner des difficultés de pilotage du système électrique national, dont les conséquences, en termes de coût global et de sécurité d'approvisionnement, sont encore mal cernées. En effet, l'intégration de ces énergies variables dans un réseau, tout comme l'assurance du maintien en parallèle d'une fourniture de qualité et de la bonne gestion de l'ensemble du système (pics d'offre ou de demande, insuffisance de l'offre, équilibrage en tension et en phase, etc.) peuvent créer des perturbations dont la solution et le coût demeurent des sujets d'étude. De nouvelles techniques en développement apparaissent prometteuses,

comme les *smart grids*, le stockage d'électricité par batteries, l'autoconsommation/autoproduction, le pilotage de la demande, etc., mais elles n'ont pas encore été suffisamment éprouvées à grande échelle pour pouvoir en déduire l'effet sur les coûts.

Il serait illusoire de chercher à définir un modèle unique de transition énergétique, même au sein de l'OCDE, car, du fait de sa géographie, de sa densité de population, de son climat et même de sa culture, chaque pays a une situation énergétique spécifique, y compris pour l'électricité qui nécessite pourtant un processus de production : ainsi, par exemple, la Norvège bénéficie d'une électricité d'origine hydraulique qui lui permet d'éviter d'utiliser le gaz qu'elle exporte en abondance (et le CO₂ qui en découle...) ; plus vertueuse, l'Islande recourt à la géothermie, une ressource produite et consommée localement ; en Californie, le pic de demande d'électricité (pour la climatisation) correspond exactement au moment de la journée où les panneaux photovoltaïques sont le plus productif, ce qui évite de recourir au charbon ou au gaz ; pour des raisons de sécurité d'approvisionnement, à la suite des chocs pétroliers de 1973 et 1979, le parc français de production d'électricité est devenu à 90 % non émetteur de CO₂ grâce au développement soutenu du nucléaire qui s'est ajouté à l'hydraulique ; etc.

Dans le cas de la France, où la consommation d'électricité est actuellement stagnante, le développement de l'éolien et du photovoltaïque ne peut plus guère réduire les émissions, voire il pourrait même les augmenter s'il fallait, comme cela est probable à partir d'un certain niveau, recourir à des centrales au gaz afin de compenser (« *back-up* ») les intermittences de ces sources de production. Le coût à la tonne de CO₂ évitée par l'introduction de l'éolien et du photovoltaïque en France est donc élevé : la Cour des comptes⁽¹⁾ l'avait chiffré, en 2013, entre 40 et 1 000 €/tCO₂ pour l'éolien terrestre et entre 100 et 5 000 €/tCO₂ pour le photovoltaïque, des chiffres à comparer au prix du quota de CO₂ sur le marché européen EU-ETS qui est d'environ 7 €/tCO₂ ou à la composante carbone dans la TICPE qui est d'un montant de 30,5 €/tCO₂, en 2017. Le raisonnement par lequel la France, qui est déjà bien plus « vertueuse » que la quasi-totalité des autres États membres de l'Union européenne en ce qui concerne ses émissions liées à la production d'électricité, devrait quand même faire des efforts considérables pour accélérer ses investissements afin d'installer des équipements éoliens et photovoltaïques, au risque de dégrader notamment ses performances environnementales et sa balance commerciale avec l'étranger, n'est pas un raisonnement évident. Il repose, en fait, sur l'hypothèse – optimiste – d'une possible renaissance de l'industrie française dans le secteur de ces équipements et, surtout, sur le besoin de compenser la perte de production que susciterait l'éviction de tout ou partie du nucléaire, mais à un coût qui mériterait d'être mieux analysé et d'être rendu public.

(1) « La politique de développement des énergies renouvelables – Rapport public thématique », Cour des comptes, 2013.

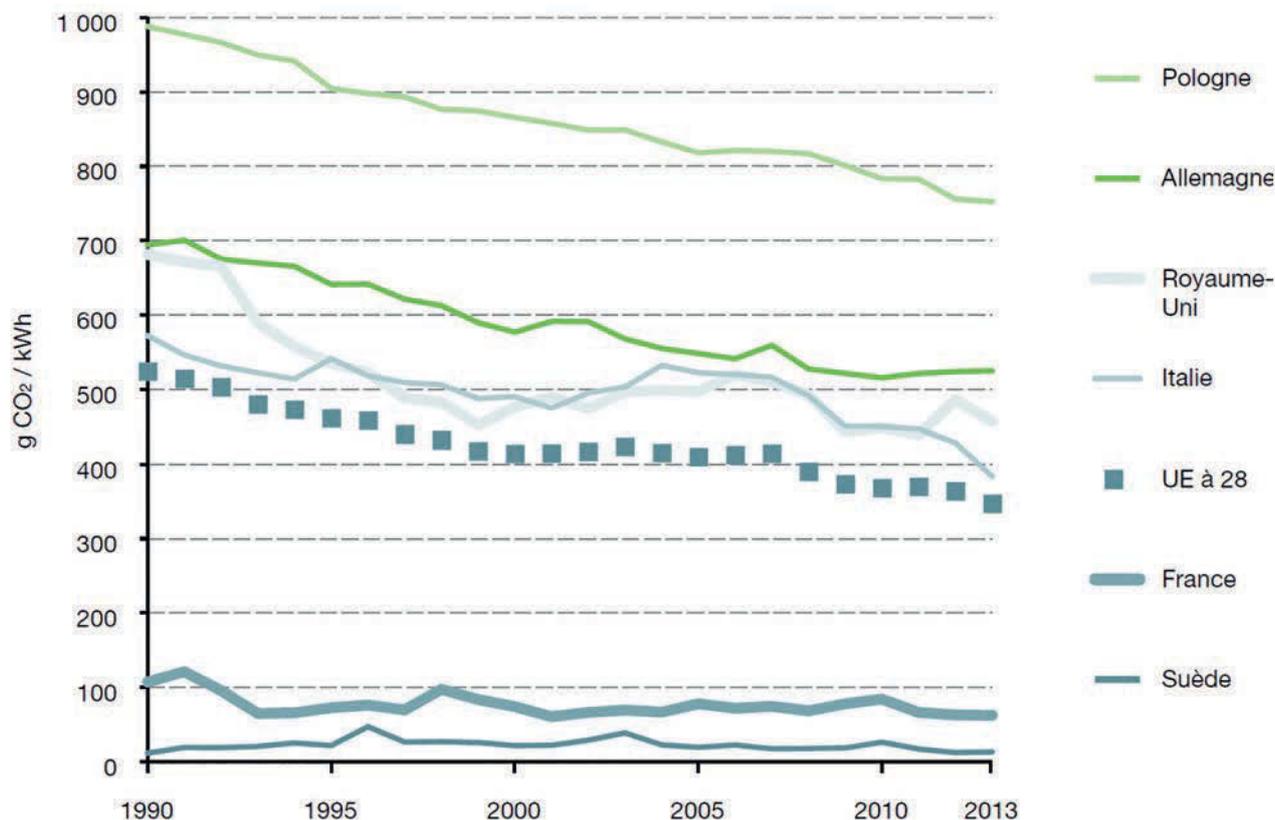


Figure 1 : Évolution des émissions de CO₂ pour produire 1 kWh d'électricité dans l'Union européenne (source : « Chiffres clés du climat – France et Monde », Datalab, édition 2017, CGDD-SDES/I4CE, d'après AIE, cogénération et autoproduction incluses).

Malgré l'imprécision du concept et quel que soit le pays, il y a consensus sur le fait qu'à terme (après 2050), l'électricité est vouée à jouer un rôle central dans la transition énergétique, aux côtés des énergies renouvelables thermiques (biomasse, biocarburants, biogaz, géothermie, méthanisation...), dans la limite, pour ces dernières, où elles respecteront les ressources alimentaires et l'environnement, dont la qualité de l'air et la biodiversité. L'électricité peut en effet être utilisée en substitution à toutes les autres formes d'énergie, notamment dans les transports lorsque les batteries auront été améliorées, ainsi que pour le chauffage et la climatisation, où elle devient vite compétitive dès l'instant où les bâtiments ont été bien isolés.

L'origine de l'électricité est sujette à débats, à la fois clivants et passionnés, entre parties prenantes et entre pays, y compris les États membres de l'Union européenne. Ainsi, certains intègrent le nucléaire parmi les « énergies propres » non carbonées (France, États-Unis, Royaume-Uni, Finlande, Japon...), alors que d'autres se l'interdisent (Autriche, Irlande...) et que des associations environnementales prônent le 100 % d'énergies renouvelables.

Pour atteindre la « neutralité carbone » à l'horizon 2050 conformément au Plan Climat qui a été rendu public par le MTES en juillet 2017, les formes d'énergie envisageables se limitent aux énergies renouvelables électriques (éolien, photovoltaïque, hydraulique...), aux énergies renouvelables thermiques, au nucléaire (lorsque la sûreté est assurée par une autorité indépendante, telle que l'ASN en

France), ainsi qu'éventuellement, à des énergies fossiles, à la condition expresse, pour ces dernières, qu'elles soient associées à une technique de CSUC (captage, stockage et utilisation du carbone), dont l'acceptation reste sujette à caution. L'hydrogène ne fait pas consensus, mais il pourrait également être une alternative en tant que vecteur d'énergie.

Le clivage entre pro- et antinucléaires se révèle, *a priori* de façon étonnante, dans l'accent, plus ou moins fort, mis en matière d'efficacité énergétique. Plus précisément, la baisse nécessaire de la consommation d'énergies fossiles émettrices de CO₂ peut être compensée de deux façons complémentaires : soit par des économies d'énergie (grâce à plus d'efficacité ou de sobriété, cette dernière impliquant des changements de comportements), soit par une production accrue d'électricité et d'énergies renouvelables thermiques qui se substitueraient aux énergies fossiles. Les antinucléaires militent contre le développement de la production d'électricité d'origine nucléaire par crainte que celui-ci ne soit utilisé comme argument pour justifier la technologie qu'ils honnissent.

Compte tenu de l'inertie des investissements en équipements et en infrastructures pour l'énergie, il est nécessaire d'avoir une vision à long terme, aux horizons 2030 ou 2050. C'est pourquoi le législateur a fixé dans la loi TECV des éléments de « dosage » entre les deux solutions : d'un côté, une baisse de la consommation énergétique finale de 20 % en 2030 et de 50 % en 2050 (par rapport à 2012, toutes

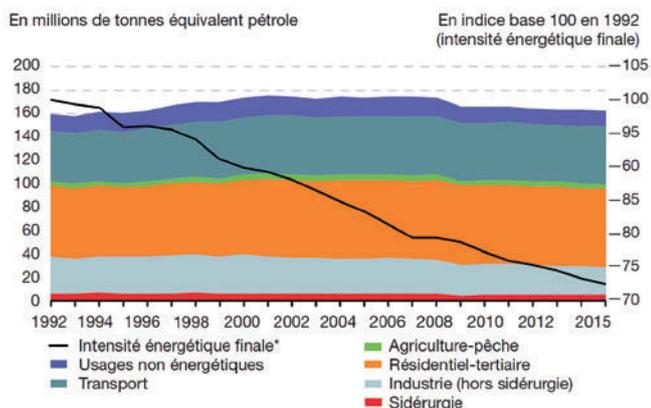


Figure 2 : Évolution de la consommation finale d'énergie par secteur et de l'intensité énergétique en France (sources : CGDD-SDES, INSEE in « Chiffres clés de l'environnement », édition 2016).

énergies confondues), qui s'ajoute à un objectif de baisse de 30 % de la consommation d'énergies fossiles d'ici à 2030 (par rapport à 2012) ; et, de l'autre, un mix de production d'électricité à l'horizon 2025 formé de 50 % de nucléaire et de 40 % d'énergies renouvelables (cet horizon de 2025 devant être décalé à 2030, voire à 2035, selon les déclarations du ministre de La Transition écologique et solidaire, M. Nicolas Hulot, le 7 novembre 2017). La « PPE 2016 » (programmation pluriannuelle de l'énergie) fixe, en outre, aux horizons 2018 et 2023, des objectifs intermédiaires, qui seront actualisés dans son édition de la fin 2018.

Energies renouvelables électriques	Augmentation de plus 50% de la capacité installée en 2023 pour atteindre entre 71 et 78 GW
Energies renouvelables chaleur	Augmentation de plus de 50% de la capacité installée avec une production de 19 Mtep
Production de biométhane injecté dans le réseau de gaz	8 TWh en 2023
Consommation finale d'énergie	Baisse de 12,3% en 2023 par rapport à 2012
Consommation primaire des énergies fossiles	Baisse de 22% en 2023 par rapport à 2012
Consommation primaire du charbon	Baisse de 37% en 2023 par rapport à 2012
Consommation primaire des produits pétroliers	Baisse de 23% en 2023 par rapport à 2012
Consommation primaire du gaz	Baisse de 16% en 2023 par rapport à 2012
Emissions de gaz à effet de serre issues de la combustion d'énergie	294 MtCO2 en 2018 (< au budget carbone de 299 MtCO2) 254 MtCO2 en 2023 (< au budget carbone de 270 MtCO2)
Croissance économique	Hausse de 1,1 pt de PIB en 2030 par rapport au scénario tendanciel
Emplois	Ecart d'emplois entre le scénario de référence et un scénario tendanciel : environ +280 000 emplois en 2030
Revenu disponible brut des ménages	Hausse du revenu disponible brut des ménages dans le scénario de référence de la PPE : 13 milliards d'euros en 2018 et de 32 milliards d'euros en 2023

Figure 3 : La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) en quelques chiffres (Source : ministère de la Transition écologique et solidaire, direction générale de l'Énergie et du Climat, novembre 2016).

Toutefois, ce « dosage » reste incomplet, puisqu'il n'est pas dit ce que deviendra le mix électrique après 2025 (ou 2030, voire 2035) et qu'aucune « trajectoire » suffisamment documentée n'est produite par l'administration pour l'horizon 2050 (les scénarios issus du DNTE de 2013 n'avaient qu'une vocation taxonomique et le scénario ADEME « 100 % énergies renouvelables électriques à 2050 » ne propose pas de trajectoire et reste conditionné à l'émergence de nouvelles solutions en matière de stockage). N'aurait-il pas fallu s'interroger sur l'impact socio-économique d'une baisse de 50 % de la consommation énergétique finale⁽²⁾ en 2050, telle que prévue par la loi TECV, par rapport à une baisse, par exemple, de 10 %, 20 % ou 60 % ? Certes, un cap est bien fixé, ce qui répond à une demande pressante des investisseurs, mais s'il convainc les partisans d'une décroissance économique ou d'une sortie rapide du nucléaire, il laisse perplexes ceux qui pensent qu'une électricité d'origine nucléaire, à condition qu'elle soit propre, sûre et pas trop chère, pourrait contribuer à compenser la baisse des énergies fossiles et à desserrer la contrainte de sobriété. Ainsi, le décalage annoncé le 7 novembre 2017 de l'objectif à 2025 prévu par la loi TECV, témoigne que le « principe de réalité » a fini par s'imposer.

En outre, un tel cap ne tient compte ni de ses effets potentiellement récessifs pour l'économie française ni de la difficulté que peuvent éprouver certains ménages à dépenser maintenant pour pouvoir économiser de l'énergie plus tard, au détriment, par exemple, de l'éducation (au sens large) de leurs enfants. Le débat n'est donc pas clôt et il semble nécessaire d'engager au plus vite une meilleure analyse prospective de l'énergie en France à 2050-2060 et de ses impacts socio-économiques, en impliquant ouvertement toutes les parties prenantes représentatives de la société française, y compris les scientifiques et les économistes. Pourquoi ne pas s'inspirer, en les modernisant, des méthodes de l'ancien Commissariat général au Plan, dans les années qui ont suivi les deux premiers chocs pétroliers de 1973 et de 1985 ? La définition d'un cap ambitieux, puis le pilotage qui s'en était ensuivi, avaient alors fait de la France un modèle de gestion de sa « transformation énergétique ».

(2) Avec 149 Mtep en 2015, la consommation énergétique finale n'a baissé que de 5,3 % depuis 2005, année de publication de la loi « POPE » (loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique, prémices de la transition énergétique), malgré une crise économique majeure et la forte désindustrialisation qui s'est ensuivie.

Moving to net-zero emissions, an undeniable business opportunity in Europe and beyond

Par Maria MENDILUCE

Managing Director & Senior Management Team, WBCSD

Companies have a vested interest in addressing the climate challenge. This is because business cannot succeed in societies that fail, and a warmer planet and more extreme events will have very damaging consequences for business, and – most importantly – for people living in our planet. In the face of these unprecedented challenges, forward-thinking companies are driving change with unprecedented impetus.

The urgency of building a low-carbon, sustainable world is more acute than ever. While the opportunities offered by decarbonization are outstanding, governments and companies everywhere are now grappling with the uncertainty of today's social, economic and political realities.

2015 was a watershed moment for sustainability. The advent of the Sustainable Development Goals (SDGs) and the success of the Paris Agreement helped show the world that where there's a will, there's a way – and for the first time, we saw a glimmer of hope for tipping the scales in favor of sustainable development.

At that time, a new global framework for constructing a better future was finally clear, and there was optimism around the world for what could be collectively accomplished.

But over the past year, the optimism of 2015 has been eclipsed by a more turbulent environment. 2016 and 2017 have reminded us of the challenges involved in meeting the Paris Agreement, the massive transformation required and of the economic and physical risks of inaction.

The 2017 hurricane season is likely to be the costliest on record, with over US\$ 290 billion in estimated damages for hurricanes Harvey and Irma alone ⁽¹⁾. With the European Union also reeling from tragic wildfires in Spain and Portugal and experiencing a doubling in the total number of forest fires in 2017 ⁽²⁾ – and with deadly wildfires also raging across California in the United States – we all should be motivated to take action with renewed urgency.

These kinds of extreme weather events are expected to occur with more vigor and frequency as the climate warms towards 2°C. Clearly there's serious work to be done – socially and environmentally – to address climate change.

Although the need for decarbonization is clear, there are a host of socioeconomic and political barriers to contend with as we work to move the global economy towards low-carbon

Against the backdrop of changing weather patterns, the world also faces unforeseen political challenges. Social unrest plagues the world over, while trust in the government and the media has hit an all-time low.

According to the 2017 Edelman Trust Barometer ⁽³⁾, 53% of global citizens believe that the system isn't working for them, that it's unfair and that it doesn't give them hope for the future.

But according to Edelman, business is the most trusted entity. "Three out of four... agree that a company can take actions that both increase profits and improve the economic and social conditions in the community where it operates."

At this point, it seems that people are so frustrated with the status quo and with government, that business and civil society organizations have more power to make positive changes than governmental institutions alone.

As such, the global economy needs strong private sector solutions to reduce GHG emissions and build resilience to climate change.

(1) <https://www.accuweather.com/en/weather-news/harvey-irma-damages-predicted-to-cost-290-billion-atlantic-hurricane-season-only-at-midpoint/70002711>

(2) <http://www.euronews.com/2017/10/16/how-europe-s-wildfires-have-more-than-trebled-in-2017>

(3) <https://www.edelman.com/trust2017/>

This is business' moment to step up and lead the way

Companies have a vested interest in solving sustainability – and especially in addressing the climate challenge.

This is because business cannot succeed in societies that fail, and a warmer planet and more extreme events will have very damaging consequences for business, and – most importantly – for people living in our planet. In the face of these unprecedented challenges, forward-thinking companies are driving change with unprecedented impetus.

Business has publicly demonstrated that it's ready and willing to move forward

There is a clear push to the decarbonization of energy, industry, forest and agricultural systems – in Europe, but also around the world.

Since 2015, over 600 companies with combined revenues of more than USD\$15 trillion have made over 1,000 commitments to climate action⁽⁴⁾ through the We Mean Business Coalition. Many are going 100% renewable through RE100⁽⁵⁾, implementing science-based climate targets⁽⁶⁾ and collaborating across sectors.

These commitments represent the collective power of business – and are just a fraction of the contributions that the private sector can make to the global movement towards decarbonization.

At the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), over 200 of the world's biggest companies are working together to accelerate the transition to a more sustainable world. Companies within WBCSD come from all business sectors and all major economies, representing a combined revenue of more than \$8.5 trillion and 19 million employees. This holds massive potential for positive impact.

These companies are uniquely positioned to work along and across value chains to deliver meaningful business solutions to the most challenging sustainability issues – and they have worked hard to prioritize climate action through the Low Carbon Technology Partnerships initiative (LCTPi)⁽⁷⁾.

LCTPi is a unique, action-oriented program that brings together companies and partners to accelerate the development and deployment of low-carbon technology solutions to stay below the 2°C ceiling. Companies in LCTPi are collaborating across eight working groups in renewables (REscale), low-carbon freight, low-carbon transport fuels (below50), forests, climate smart agriculture, cement and chemicals – each with their own agreed upon ambitions for serious and measurable emissions reductions.

The initiative was launched in 2015 at COP21 in Paris where around a hundred CEOs publicly expressed support for LCTPi ambitions and mobilized their companies to implement inspiring sector-specific climate action plans.

Since then, LCTPi companies have been working tirelessly to meet their goals.

Through LCTPi alone, over 185 companies across sectors and geographies have come together to deliver the transition to a low-carbon world.

Taken together, LCTPi ambitions target 65% of emissions reductions necessary for remaining under the 2°C limit, while channeling USD \$5-10 trillion of investment into the low-carbon economy and supporting millions of jobs worldwide.

Last year at COP23, the group released its 2017 Progress Report⁽⁸⁾, designed to demonstrate business' commitment from “action to impact”. In it, we saw that many companies are moving from making commitments, to taking action and measuring impact in order to improve on their work and to give policymakers the confidence they need to ramp up climate action in 2018 and beyond.

Throughout 2017, we saw great progress in removing barriers to scale renewable energy procurement, the recognition of advanced fuels as an important component of the biorevolution and the promising emissions reduction potential of freight through route optimization and multi-modal asset sharing.

We've also seen that since COP21 in 2015, LCTPi working groups have sharpened their focus and expanded their reach. To date, 20 companies have joined, and work has sprung up in new geographies across the globe. For example, 144 companies and NGOs from 25 different countries are removing barriers to scale renewable energy procurement under REscale – driving decarbonization of the energy sector around the world.

At the same time, below50 – designed to scale up the market for the world's most sustainable fuels - has doubled its membership has launched regional hubs across three continents, connecting with local business in North America, South America and Australia. The group has ambitions for expanding into Europe and Asia as well.

LCTPi companies have also received external recognition for their efforts. InnovateUK will fund a GBP £1 million pilot project to demonstrate Low-Carbon Freight's exciting findings on emissions reductions through route optimization and multi-modal asset sharing.

Through all of this, it's clear that LCTPi has become a key platform for shaping industry best practice, aligning with the highest levels of climate ambition and making the case for action. In fact, 85% of companies involved acknowledge that LCTPi has supported their actions on climate change, with 42% saying it has strengthened their corporate climate commitments.

(4) <https://www.wemeanbusinesscoalition.org/>

(5) <http://there100.org/companies>

(6) <http://sciencebasedtargets.org/>

(7) <http://lctpi.wbcsd.org/>

(8) <http://www.wbcsd.org/Clusters/Climate-Energy/Resources/LCTPi-2017-progress-report>

While it's clear that there is no one-size-fits all solution, the collective efforts of LCTPi companies illustrate that business is a key implementation partner in decarbonizing the global economy and keeping under the 2°C limit. This is just one of many business efforts to speed the low-carbon transition

In 2018 and beyond, strong business leadership will continue to accelerate implementation of the Paris Agreement and ensure a just transition to sustainability. But, collaboration with governments and policymakers is a necessary enabler for scaling successful projects across the world. It's clear that business and government must go further, faster – and they must do it together.

Initiatives like LCTPi, Science-Based Targets and RE100 have truly illustrated that business has the solutions that will help scale up emissions reductions and contribute to the success of the Paris Agreement. This should give policymakers confidence to ratchet up their climate commitments in 2018 and beyond.

In the coming year, the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) will begin the process of taking stock on global progress towards the goals outlined in the Paris Agreement by speaking to a wide range of key stakeholders. Business must have a seat at the table if we're going to decarbonize at the scale and pace that's necessary for ensuring a sustainable future.

As such, it's critical for business to be involved in the UNFCCC climate negotiations process. Companies should be focused on demonstrating their solutions to accelerate the low-carbon transformation, and should push for a structured way of engaging with governments and policy makers to scale up national ambitions for climate action.

At the same time, businesses will also need to focus on climate resilience to prepare for what's inevitable. Governments and businesses should find constructive ways to partner in building resilience across global supply chains

Vision ZEN 2050 : une étude d'EpE, partenaire du WBCSD en France

Les membres d'EpE ont lancé, fin 2017, une étude intitulée Vision ZEN 2050 (pour « zéro émission nette en 2050 »). Cette étude a pour objet d'imaginer ce que serait une société française neutre en carbone dès 2050 (comment fonctionnerait l'économie ? Comment vivraient les Français ?) pour en déduire, sous la forme d'un rétro-planning, les trajectoires d'émissions de GES à respecter et les décisions à prendre au cours des années à venir pour faire en sorte que cette vision se concrétise. S'appuyant sur différentes trajectoires sectorielles de réduction des émissions de GES ébauchées par plusieurs secteurs d'activité, cette étude, née de l'initiative de plusieurs entreprises, doit permettre d'identifier les contradictions en la matière, les conflits d'usage autour des ressources naturelles, et de développer une analyse devant permettre d'asseoir les décisions à prendre au cours des prochaines années pour que la neutralité carbone soit un objectif atteignable en 2050. Les résultats de cette étude sont attendus à l'automne 2018.

and within frontline communities experiencing climate impacts.

Finally, companies are continuing to push for a robust and meaningful carbon price as a way to ensure a strong economic signal for investments, operations and procurement of low-carbon products and services.

This is the moment for business leadership. For governments and policymakers, engaging with business will be critical for strengthening ambition, meeting climate action plans and for creating successful policies at the national level.

Business has the willpower, the resources and the innovative capacity to make an impact on climate. It's only by bringing business on board that successful decarbonization will be achieved.

La feuille de route de la décarbonation du secteur énergétique allemand

Par Stéphane REICHE*

Ingénieur en chef des Mines, adjoint au chef du Service économique régional de l'Ambassade de France à Berlin

et Laure JOYA*

Cheffe du secteur Énergie et Matière premières au Service économique régional de l'Ambassade de France à Berlin

L'Allemagne atteindra difficilement l'objectif d'une réduction de 40 % de ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 qu'elle s'est fixé par rapport à 1990, et elle est loin d'avoir réalisé l'objectif (indicatif) qu'elle s'était fixé en matière d'efficacité énergétique. Elle poursuit cependant avec succès son retrait du nucléaire et le développement accéléré des énergies renouvelables ; un développement certes coûteux, mais représentant un facteur majeur d'innovations et d'emplois. Nous concluons cet article par quelques recommandations pour réussir la coopération franco-allemande.

Les objectifs climatiques européens et nationaux

Un objectif national de réduction de -40 % des émissions de GES (par rapport à 1990) d'ici à 2020 difficilement atteignable

Allant au-delà des engagements européens (-20 %), le gouvernement fédéral allemand s'est fixé en 2007 un objectif de réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'Allemagne d'ici à 2020 par rapport à 1990. Le 3 décembre 2014, le Conseil des ministres a adopté le « Programme d'action climat 2020 » qui vise à combler l'écart (estimé entre 5 et 8 %) entre les prévisions et l'objectif. Les mesures proposées ciblent surtout l'efficacité énergétique, la production électrique, les transports, l'industrie, le traitement des déchets et l'agriculture.

Adopté en décembre 2016 par le gouvernement fédéral, le deuxième bilan annuel de ce programme fait le point sur les mesures réalisées et à venir, et évalue que la réduction des émissions de gaz à effet de serre se situera entre -37 % et -40 % en 2020 par rapport à 1990. Pour la plupart des observateurs, le rapport entérine ainsi le fait que l'objectif de réduction des émissions de 40 % entre 1990 et 2020 ne sera pas atteint. Cependant, la ministre fédérale de l'Environnement, Mme Barbara Hendricks, a estimé que l'Allemagne était « sur la bonne voie » et que « près de 70 % de la centaine de mesures du plan d'action ont été réalisés ». Les données les plus récentes font état d'une réduction, en 2016, de -27,6 % des émissions

de GES par rapport à 1990 (voir la Figure 1 de la page suivante) et les estimations publiées en octobre 2017 par l'Öko-Institut pour le compte du ministère fédéral de l'Environnement évaluent entre -31,7 et -32,5 % la réduction possible d'ici à 2020 par rapport à 1990⁽¹⁾.

Une réponse sectorielle aux objectifs de décarbonation d'ici à 2050

Le 14 novembre 2016, le Conseil des ministres a adopté le Plan climat 2050 (*Klimaschutzplan 2050*) pour permettre à l'Allemagne de répondre aux objectifs européens de mise en œuvre de la COP21, en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre de 80 à 95 % par rapport à 1990, tout en modernisant son économie. Ce plan est structuré en fixant pour chacun des cinq secteurs d'activité identifiés des objectifs intermédiaires de réduction de ses émissions d'ici à 2030, permettant d'atteindre une réduction de 55 % des émissions de CO₂ par rapport à 1990 : de 61 à 62 % pour l'énergie, de 66 à 67 % pour le bâtiment, de 40 à 42 % pour les transports, de 49 à 51 % pour l'industrie et de 31 à 34 % pour l'agriculture (voir le Tableau 1 de la page suivante : celui-ci fait également état des progrès réalisés en 2014).

* fonctions occupées par les deux auteurs jusqu'à fin août 2017. Avec nos remerciements à Séraphin Elie et Étienne Rabotin pour leur contribution.

(1) Voir : <https://www.oeko.de/aktuelles/2017/luecke-bei-den-deutschen-klimaschutzzielen/> (en allemand).

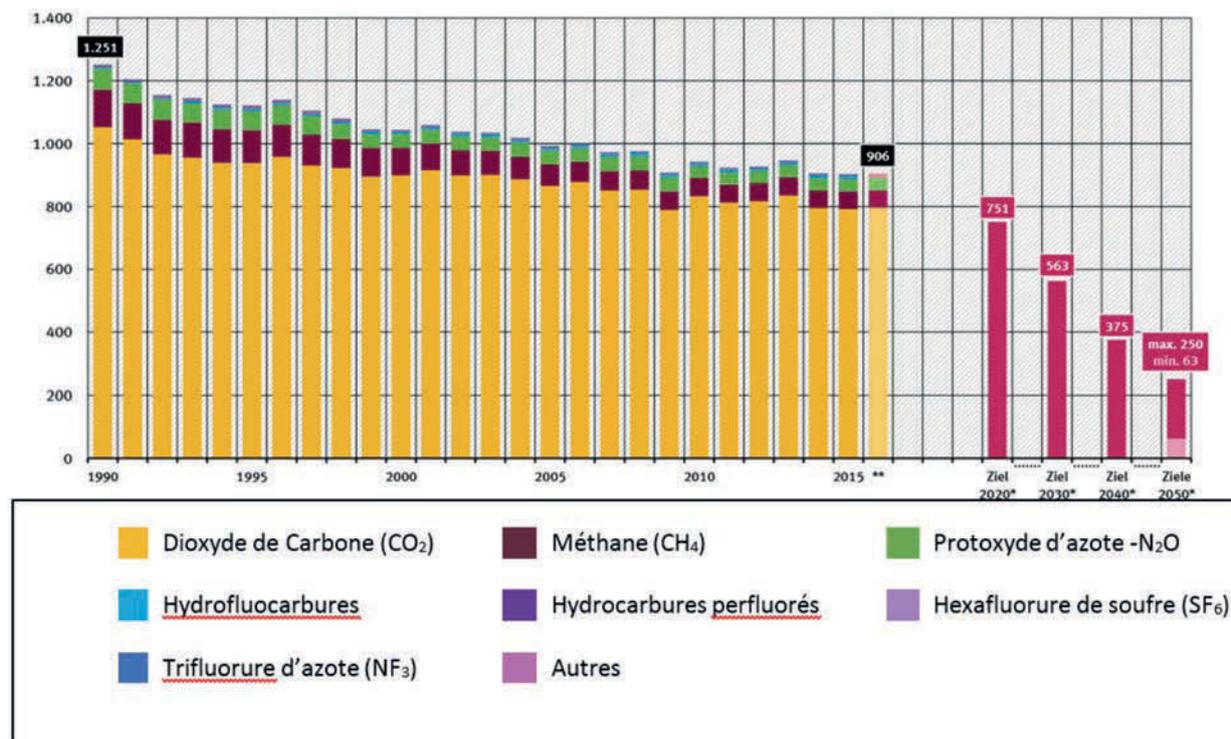


Figure 1 : Évolution des émissions de gaz à effet de serre (CO₂ et autres) de l'Allemagne entre 1990 et 2016, avec les objectifs 2020, 2030, 2040 et 2050 (en millions de tonnes équivalent CO₂).
 Source : Umweltbundesamt (Agence fédérale de l'Environnement), Inventaire national des GES, mars 2017, <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1>

La sortie du charbon

Le charbon est au cœur du paradoxe de la transition énergétique allemande : il représente 40,4 % du mix électrique allemand (23,1 % pour le lignite et 17,3 % pour la houille), alors que les énergies renouvelables (EnR) en représentent 29 %. En Allemagne ⁽²⁾, le secteur charbonnier emploie un peu moins de 100 000 personnes. Pour accompagner la reconversion industrielle des bassins de lignite (principalement en Rhénanie du Nord-Westphalie, le *Land* le plus peuplé, et en Lusace), le Plan climat 2050 annonce la mise en place d'une « Commission croissance, changement structurel et développement régional » placée sous la direction du ministère de l'Économie et de l'Énergie. Opérationnelle dès début 2018, cette commission favorisera le dialogue entre les différents acteurs concernés et développera des outils adaptés à la reconversion industrielle. Au vu des difficultés à faire progresser le sujet avant les élections fédérales du 26 septembre 2017, la Commission sera un outil central pour aider le prochain gouvernement à sortir d'un débat controversé et à définir le calendrier de « sortie du charbon », assorti de jalons avant 2050 et compatible avec la sortie du nucléaire en 2022. Le *think tank* Agora Energiewende a proposé une trajectoire de sortie de charbon sur la période 2018-2040.

Les défis de la transition énergétique (*Energiewende*)

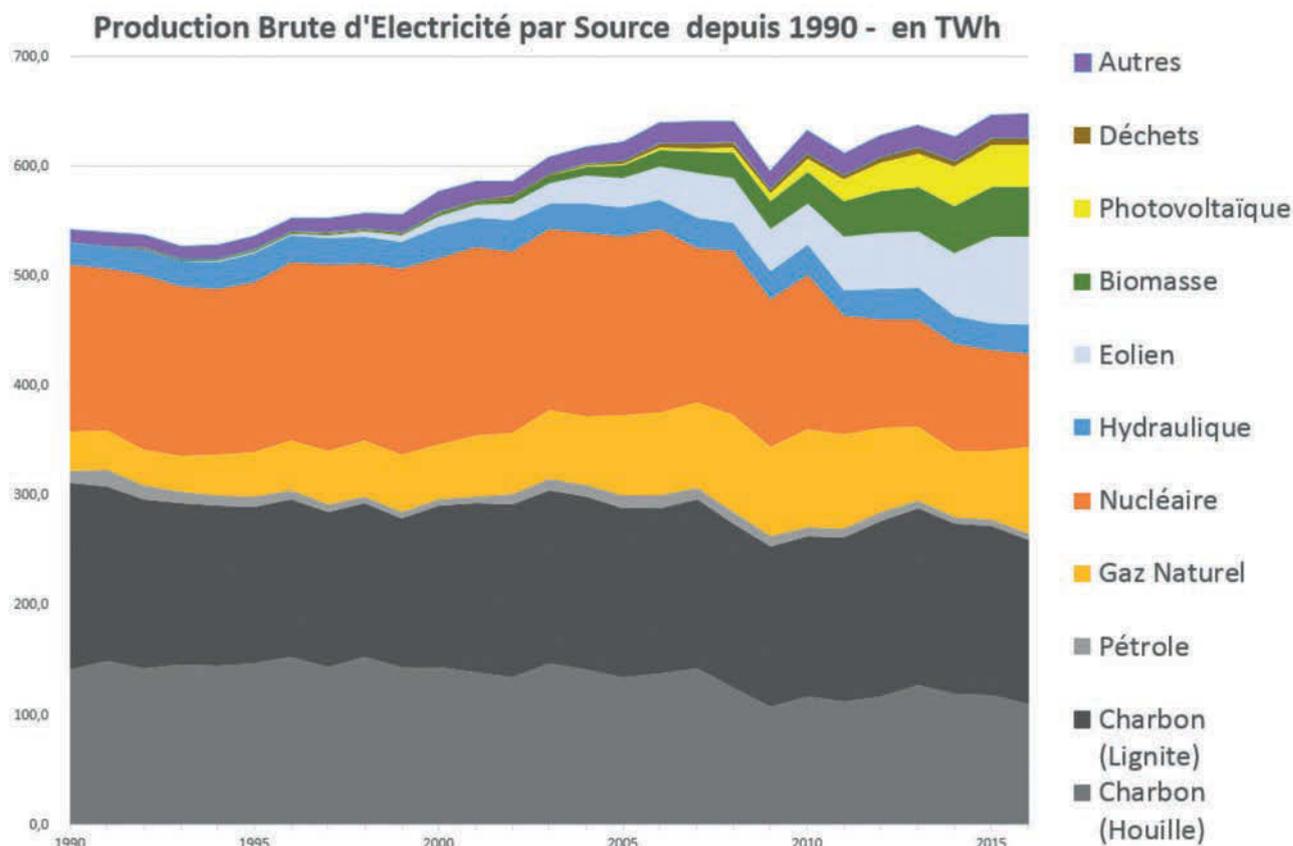
L'*Energiewende* est une condition-clé du succès de la décarbonation du mix énergétique allemand et de la mise

Secteur	Émissions (Mt, 1990)	Émissions (Mt, 2014)	Objectifs d'émissions (Mt, 2030)	Objectifs de réduction (% par rapport à 1990)
Énergie	466	358	175-183	62-61 %
Bâtiments	209	119	70-72	67-66 %
Transports	163	160	95-98	42-40 %
Industrie	283	181	140-143	51-49 %
Agriculture	88	72	58-61	34-31 %
Autres	39	12	5	87 %
Total	1248	902	543-562	56-55 %

Tableau 1 : Objectifs sectoriels de réduction des GES tels que définis par le Plan climat 2050 du gouvernement allemand.
 Source : Klimaschutzplan 2050 (*Plan climat 2050*), 14 novembre 2016, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (pp. 26-27).
 On notera, en particulier, le peu de progrès réalisés entre 1990 et 2014 dans le secteur des transports ; le poids politique de l'industrie automobile en Allemagne montre la nécessité d'associer les entreprises de ce secteur à l'impératif de décarboner celui-ci.

en œuvre de l'Accord de Paris. Décidée de façon précipitée en 2011, au lendemain de l'accident de Fukushima, la transition énergétique visait alors à sortir plus rapidement de l'énergie nucléaire et à accélérer, en compensation, le développement des énergies renouvelables (EnR), déjà décidé en 2008 au niveau européen. Depuis lors, l'Allemagne est manifestement sur la trajectoire de ses objectifs européens et nationaux en matière d'EnR. En 2015, la part des EnR dans la consommation d'énergie finale brute atteignait 14,8 % (objectif européen 2020 : 18 %) ; il faut

(2) Environ 70 000 emplois pour la filière lignite en 2015 et 14 500 pour la filière houille en 2013, selon leurs syndicats professionnels respectifs (DEBRIV et GVSt).



souligner la part grandissante des EnR dans la consommation électrique brute : 31,6 % en 2015 (objectif national en 2020 : 35 %, et en 2050 : 80 %). Autre point fort : l'Allemagne suit son calendrier de sortie du nucléaire d'ici à 2022. Depuis 2011, 9 réacteurs ont été fermés et 8 sont encore en activité, avant leur fermeture progressive, d'ici à 2022. Un point de fragilité : outre la question du charbon, l'Allemagne n'est pas sur la trajectoire de son objectif 2020 en matière d'efficacité énergétique ; seulement 7,6 % d'économies dans la consommation d'énergie primaire ont été réalisées en 2015, pour un objectif de 20 % en 2020 (par rapport à 2008).

Pour l'avenir, avec la progression des EnR, les défis de la transition énergétique sont, pour l'Allemagne :

- le caractère abordable du prix de l'électricité, afin de préserver la compétitivité allemande : le coût du soutien des EnR est estimé à 24 milliards d'euros (Mds€) pour 2017, il est supporté principalement par les ménages. L'industrie énérgo-intensive a jusqu'ici réussi à préserver ses exonérations. Le gouvernement fédéral en exercice a réagi avec vigueur en réformant le corpus législatif pour intégrer les énergies renouvelables au marché. De premiers résultats sont à relever : une hausse mesurée de la

taxe spéciale « EEG-Umlage » (+ 8 % en 2017, pour un total de 6,880 ct/kWh) et une baisse des soutiens, avec la généralisation des appels d'offres ;

- la construction des réseaux électriques Nord/Sud, en phase avec le rythme de progression des EnR : du fait de la résistance de certains *Länder* (la Bavière, en particulier), le développement du réseau électrique a pris du retard (650 kilomètres finalisés, alors que 8 000 kilomètres de lignes devront être développés). La réponse est l'enfouissement des lignes électriques. Au total, les investissements nécessaires jusqu'en 2025 sont de l'ordre de 33 Mds€, auxquels s'ajoute un surcoût se situant entre 3 et 8 Mds€, pour les lignes souterraines ;
- le maintien de l'acceptabilité sociale : les opportunités d'emplois générées par l'*Energiewende* sont un important facteur d'acceptabilité (330 000 emplois dans les EnR en 2015) ;
- l'élargissement de l'approche en matière de réalisation des engagements climatiques (couplages sectoriels avec le bâtiment et les transports) : en fin de mandat, le gouvernement fédéral s'est montré plus volontariste sur d'autres secteurs que la seule production électrique, à savoir ceux du BTP et des transports. Il reviendra au prochain gouvernement de développer les politiques

Anteil renouvelables énergies am Bruttostromverbrauch und am Bruttoendenergieverbrauch*

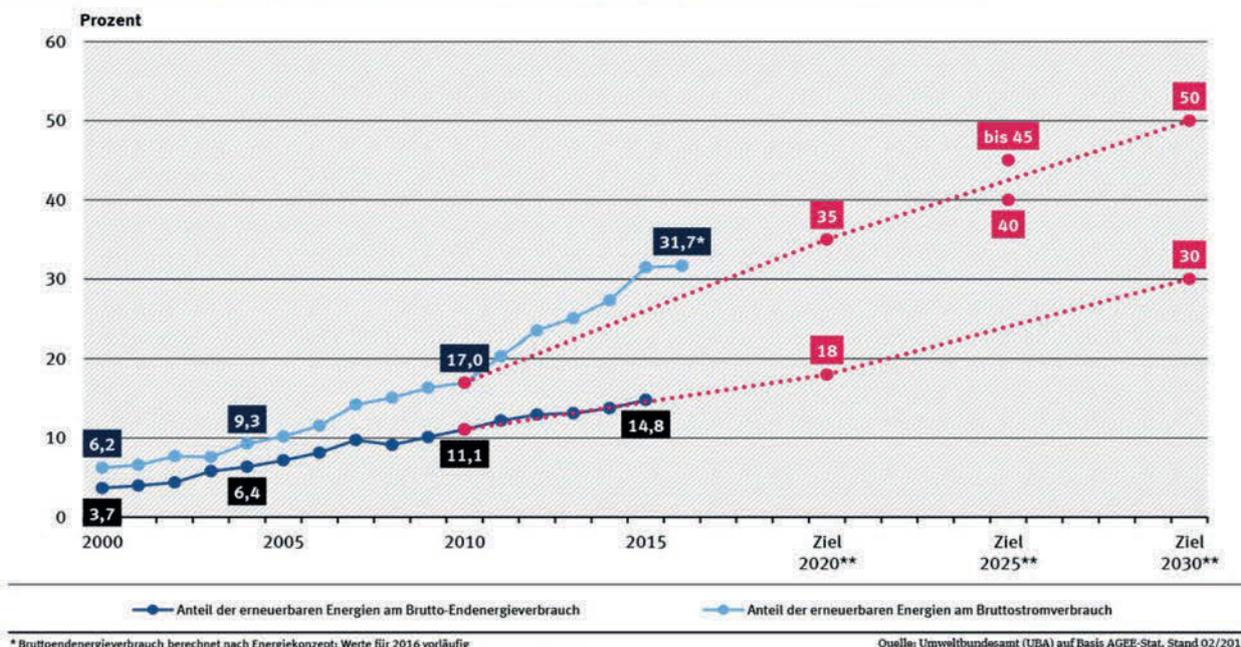


Figure 4 : Évolution en Allemagne de la part des énergies renouvelables dans la consommation électrique brute et dans la consommation d'énergie brute.

Source : Umweltbundesamt (Agence fédérale de l'Environnement), février 2017, <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/energieverbrauch-nach-energiekraegern-sektoren>

adéquates pour que la production électrique renouvelable irrigue les bâtiments et les transports et pour que les économies d'énergie soient renforcées dans les trois secteurs ;

- l'émergence de solutions technologiques appropriées. La recherche dans les domaines de l'efficacité énergétique et des EnR est financée à la fois par le gouvernement fédéral (665 M€ en 2016) et par les *Länder* (267 M€ en 2015). Ces financements couvrent de nombreuses thématiques : solaire, éolien, stockage énergétique, bioénergies, pile à combustible et combustible hydrogène, efficacité énergétique des bâtiments. En ce qui concerne le stockage énergétique, si un effort de R&D porte sur le long terme, à court terme le stockage, qui permet de gérer l'intermittence des EnR, n'est pas jugé comme un chantier prioritaire (du moins pas tant que la part des EnR dans le mix électrique n'aura pas atteint les 70 %). Ce terrain d'innovations est propice à la coopération franco-allemande (par exemple, la *start-up* Héliatek, qui est basée à Dresde, développe des films solaires organiques. Dirigée par un Français, elle est cofinancée par des énergéticiens français et allemands (Engie et In-nogas), ainsi que par BNP Paribas).

Recommandations pour la coopération franco-allemande

Parmi ces recommandations, figurent :

- La poursuite de la coopération franco-allemande dans la transition énergétique : depuis le Conseil des ministres franco-allemand de 2014, la coopération a été renforcée

1) entre les administrations en charge de l'énergie, avec la création d'un groupe de haut-niveau qui a notamment permis d'aboutir à des papiers de position commune en matière de politique énergétique européenne, 2) entre les agences de l'énergie avec la création d'une plateforme entre l'Ademe et la *Deutsche Energie-Agentur* (dena) mobilisant notamment des *start-ups* et 3) par le redimensionnement de l'Office franco-allemand pour la transition énergétique. À l'avenir, il importera de maintenir ce niveau de coopération et de favoriser l'émergence d'un projet de démonstration transfrontalier en explorant le projet « *Smart Border Initiative* ⁽³⁾ » porté par la dena et l'entreprise *Tilia GmbH* (de Leipzig). Ce projet portant sur l'optimisation des systèmes de distribution d'électricité a été soutenu au niveau politique début septembre 2017 ⁽⁴⁾ et il sera utile de consolider son budget, son portage et sa mobilisation d'entreprises.

- De nouveaux sujets sur lesquels l'alliance franco-allemande est nécessaire : 1) la situation est mûre pour élargir la coopération franco-allemande au stockage des déchets nucléaires, avec des retours d'expériences sur

(3) Voir : <http://www.platforme-f-a.fr/projets/smart-border-initiative/>

(4) Voir le communiqué de presse commun entre Mme Brune Poirson et M. Rainer Baake (en français) : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/CP%20commun%20-%20D%C3%A9placement%20a%20Berlin%20-%20Brune%20Poirson%20-%20Rainer%20Baake.pdf> ou <https://www.bmwi.de/Redaktion/FR/Pressemittelungen/2017/20170904-deutschland-und-frankreich-bekraeftigen-ihre-engagement-bei-der-europaeischen-energiegewende.html>

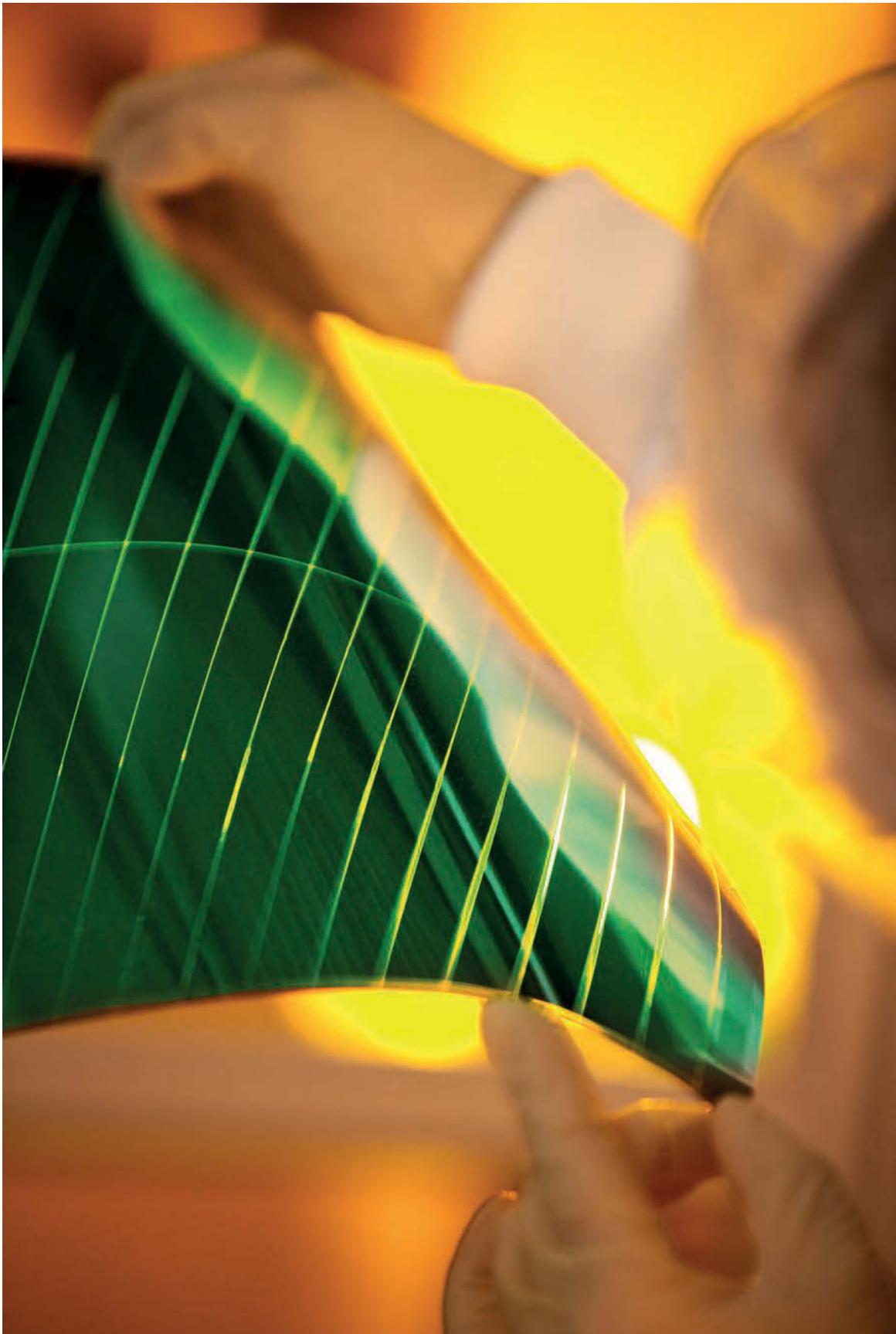


Photo © HELIATEK

Film solaire organique développé par la *start-up* allemande Heliatek, à Dresde (Allemagne).

« Ce terrain d'innovations qu'est la recherche dans les énergies renouvelables est propice à la coopération franco-allemande (par exemple, la *start-up* Héliatek, qui est basée à Dresde, développe des films solaires organiques. Dirigée par un Français, elle est cofinancée par des énergéticiens français et allemands (Engie et Innogy), ainsi que par BNP Paribas). »

les problématiques de stockage dans les deux pays ; 2) la coopération engagée sur l'électromobilité⁽⁵⁾, avec, notamment, la question de l'interopérabilité des bornes de recharge, pourrait réactiver le dialogue sur les batteries en n'occultant pas la prudence des industriels et 3) un sujet moins avancé, la numérisation dans le domaine de l'énergie.

- La poursuite du dialogue franco-allemand sur le prix du carbone : selon de nombreux économistes et responsables d'entreprises (énergéticiens, en particulier), le prix du carbone devrait être l'outil (la « boussole », pour reprendre l'expression de M. Gérard Mestrallet, qui a proposé le 30 mars à Berlin d'établir un prix minimum franco-allemand du CO₂) permettant de faire le pont entre ce qu'il est nécessaire de faire et ce qu'il est possible de faire. La présidence allemande du G20 a tenté de pousser cet outil au niveau mondial, ce qui était considéré comme la condition nécessaire pour avancer significativement au niveau européen (selon l'argument du *level-playing-field*). À défaut, notamment depuis l'élection à la Présidence des États-Unis de M. Donald Trump, on pourrait songer à introduire des taxes à la frontière des pays s'engageant volontairement en faveur d'un signal-prix ambitieux, tout en prenant en considération le risque isolationniste que cela représente sur le plan politique. Au vu de l'adhésion quasi-universelle des pays du monde entier aux objectifs de l'Accord de Paris, ce sont en fait les pays récalcitrants à un tel signal-prix qui pourraient bien se retrouver isolés.
- Le renforcement de l'action commune *via* les alliances issues de la COP21, en particulier celles qui comportent un noyau franco-allemand important, comme « ENR en Afrique », « Alliance mondiale sur les bâtiments et la construction » et *MobiliseYourCity*, par l'implication des administrations et, au besoin, la mobilisation du secteur privé.
- La valorisation des bonnes pratiques nationales autour : 1) d'un regard croisé sur la conduite de nos transitions énergétiques, avec notamment les réformes en cours des mécanismes de soutien des énergies renouvelables ; 2) d'un *feedback* vers les experts allemands sur le démarrage du marché de capacité en France, en prenant soin de ne pas nous immiscer dans le débat allemand – ce sujet pouvant ré-émerger après les élections fédérales de 2017 –, et 3) d'une concertation sur les mesures à promouvoir en matière de finance verte, domaine où la France peut se prévaloir du lancement inégalé d'obligations vertes souveraines, ainsi que de l'article 173 de sa loi de transition énergétique qui favorise la transparence des entreprises, et, plus particulièrement, celle des investisseurs institutionnels, pour ce qui concerne leurs stratégies relatives au changement climatique⁽⁶⁾.

Le déplacement, le 4 septembre 2017, à Berlin, de Mme Brune Poirson, Secrétaire d'État auprès du ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, représente la dernière occasion d'un échange politique

sur le climat et l'énergie entre une représentante du gouvernement français actuel, d'une part, et des représentants du gouvernement allemand sortant, d'autre part, à savoir le Secrétaire d'État à l'Énergie, M. Rainer Baake⁽⁷⁾ (du parti Les Verts), et le Secrétaire d'État à l'Environnement, M. Jochen Flasbarth⁽⁸⁾ (du SPD).

Les élections fédérales du 26 septembre 2017 ayant eu lieu, il s'agit à présent de prolonger ces engagements auprès du futur gouvernement allemand. Dans l'intervalle, le temps que dureront les discussions sur la formation de ce gouvernement devra être utilisé à bon escient, ne serait-ce que pour poursuivre, au niveau des services, le travail engagé et, plus généralement, pour faire connaître les dispositifs existants ou envisagés en France, en mettant tout particulièrement en avant ceux qui seraient potentiellement compatibles avec les *desiderata* de la nouvelle majorité au Bundestag.

À titre d'exemple, les mesures visant à renforcer le prix du carbone⁽⁹⁾ pourraient sans doute être plus facilement acceptées au niveau politique si elles étaient présentées comme des outils permettant au marché de mieux fonctionner, en augmentant progressivement le prix des externalités négatives induites par les émissions de gaz à effet de serre et en évitant ainsi le recours à des décisions politiques (« *ordnungsrechtliche Maßnahmen* ») instituant plus « brutalement » la sortie du charbon. C'est d'ailleurs précisément cette question de la sortie du charbon qui a été l'une des pierres d'achoppement empêchant, en novembre 2017, la formation de la coalition dite « *jamaïcaine* » entre les conservateurs CDU/CSU, les libéraux FDP et les Verts.

(5) Suite au lancement en 2016 par les ministres des Transports, Messieurs Alexander Dobrindt et Alain Vidalies, d'une « initiative franco-allemande pour la mobilité électrique et numérique », voir : http://www2.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CP_-_initiative_franco-allemande_pour_la_mobilite_electrique_et_numerique_-_29-09-16.pdf

(6) Voir Jean BOISSINOT et al., in Trésor-Eco n°185 de novembre 2016 sur « Le secteur financier face à la transition vers une économie bas-carbone résiliente au changement climatique », <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Ressources/File/430068>

(7) Voir le communiqué de presse de Mme Brune Poirson et M. Rainer Baake cité plus haut.

(8) Voir le communiqué de presse de Mme Brune Poirson et M. Jochen Flasbarth (en français), <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/seminaire-travail-entre-ministeres-francais-et-allemand-lenvironnement-berlin> et (en anglais), <https://www.bmub.bund.de/en/pressrelease/deutsch-franzoesisches-arbeitstreffen-der-umweltministerien/>

(9) Mesures mentionnées à la fois dans le communiqué de presse Poirson-Baake (dans le secteur de la production d'électricité) et dans le communiqué de presse Poirson-Flasbarth (via la révision du système de marché d'émissions ETS). Elles sont également l'objet principal de la déclaration conjointe faite le 4 octobre 2017 par des économistes et autres experts de haut niveau, voir : <http://germanwatch.org/de/14421> (en allemand).

La nécessité de renforcer l'atténuation pour atteindre l'objectif « Zéro émission nette » en 2050

Par Anne BRINGAULT

Responsable Transition énergétique, Réseau Action Climat France

Lucile DUFOUR

Responsable Politiques internationales et développement, Réseau Action Climat France

et Neil MAKAROFF

Responsable Europe, Réseau Action Climat France

S'engager sur la voie de la neutralité carbone ou se fixer l'objectif de zéro émission nette en 2050 est un engagement politique fort. Il incite tous les acteurs à se projeter dans un futur radicalement différent. Les évolutions incrémentales ne suffisant plus, des solutions de rupture sont nécessaires. C'est l'occasion pour quelques-uns de prôner certaines innovations, notamment technologiques, présentant des coûts très élevés et dont la faisabilité à grande échelle d'ici à 2050 est loin d'être démontrée. La facilité serait de cantonner le débat aux seules émissions négatives. Mais la forte incertitude qui les entourent nous obligent si nous voulons tenir le cap du zéro émission nette à nous engager à accélérer sans plus attendre la mise en œuvre de politiques d'atténuation plus ambitieuses pour pouvoir réduire plus encore nos émissions de gaz à effet de serre. Sortir des énergies fossiles en nous orientant vers le 100 % énergies renouvelables, réduire notre consommation d'énergie grâce à une plus grande sobriété et davantage d'efficacité, revoir notre modèle agroalimentaire dans une logique de durabilité, développer une économie plus circulaire, ce sont là autant de solutions que nous devons adopter sans regret, et ce d'autant plus, qu'elles sont bénéfiques pour l'emploi, la santé, le développement territorial et l'économie prise dans son ensemble.

L'Accord de Paris sur le climat acte l'objectif de parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques et les absorptions par les puits de gaz à effet de serre au cours de la deuxième moitié du siècle. Retrouver dès que possible cet équilibre entre les émissions et les absorptions, ce qui était la norme avant l'ère industrielle, c'est la condition pour limiter le réchauffement global à moins de 2 °C et, autant que possible à 1,5 °C. L'atteinte de cet objectif devra être plus rapide pour les pays déjà développés disposant par ailleurs des capacités financières et techniques pour réorienter leur économie. L'Union européenne lance un travail prospectif autour de l'objectif « zéro émission nette ». En France, le Plan climat, présenté par le ministre de la Transition écologique et solidaire, M. Nicolas Hulot, vise la neutralité des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 en France, soit « trouver un équilibre entre les émissions de l'Homme et la capacité des écosystèmes à absorber du carbone ». La révision de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC)

courant 2018 sera l'occasion de préciser les moyens permettant d'atteindre ce cap.

Viser zéro émission nette, c'est d'abord prendre en compte tous les gaz à effet de serre en réduisant autant que possible leurs émissions et en séquestrant du carbone pour compenser les émissions résiduelles. En France, la SNBC publiée en 2015 a montré l'importance de ne pas se concentrer uniquement sur le carbone ou sur le CO₂, ce que l'expression « neutralité carbone » pourrait suggérer. En effet, la SNBC en vigueur s'inscrit dans le cadre du facteur 4 en 2050, mais elle prévoit que le secteur agricole, de par ses difficultés intrinsèques à contribuer à cet objectif, visera un facteur 2 de réduction de ses émissions en 2050, ce qui implique que les autres secteurs devront aller au-delà de la division par 4 de leurs émissions. En clair, réduire très fortement les émissions de CO₂ anthropiques par une sortie des énergies fossiles est un enjeu clé. Mais le méthane, qui est produit en par-

ticulier par l'élevage, et le protoxyde d'azote des engrais azotés, dont les impacts sur le climat sont de plus en plus préoccupants, ne doivent pas être négligés.

Viser zéro émission nette, c'est prendre en compte des émissions négatives pour « compenser » les émissions résiduelles une fois celles-ci réduites autant que possible, c'est-à-dire trouver des moyens de les absorber (de les séquestrer). La tentation pourrait être grande d'acheter des crédits carbone correspondant à des opérations de séquestration du carbone réalisées à l'étranger, par exemple, une opération de reboisement dans un pays en développement. Ces opérations sont cependant exposées à des risques de fraude, tandis que les méthodes de calcul des volumes de carbone stockés sont contestées. L'objectif de zéro émission nette étant par ailleurs mondial, avec l'Accord de Paris, compter sur les autres pays va rapidement devenir difficile, d'autant que la France dispose des moyens et des capacités pour mettre en œuvre sur son territoire la séquestration naturelle du CO₂ nécessaire à la compensation de ses propres émissions : elle doit donc viser la neutralité carbone domestique en 2050.

Le moyen le plus « simple » et naturel pour stocker du carbone est de planter des arbres et de développer le couvert végétal. Cependant, étendre les forêts françaises a des limites, dans le cadre d'une gestion forestière durable et respectueuse de la biodiversité. Les forêts ne sont pas extensibles à l'infini. Privilégier certaines pratiques agricoles permettant d'augmenter le taux de matière organique dans les sols et les parties aériennes des végétaux engendre également une séquestration du carbone : un moindre travail du sol (ou des techniques culturales simplifiées), la reconstitution des haies, la préservation des prairies permanentes et l'agroforesterie peuvent favoriser celle-ci. Mais la mise en place de certaines de ces pratiques peut aussi engendrer une augmentation de l'utilisation de produits chimiques (pesticides), par exemple, pour réaliser un désherbage en l'absence de labour en recourant à des techniques culturales simplifiées. La promotion des pratiques agricoles permettant de séquestrer du carbone doit donc exclure toute augmentation du recours aux pesticides.

Une alternative serait de séquestrer et de stocker du carbone de manière industrielle. Plusieurs techniques sont mises en avant par de grands groupes industriels ou des organismes de recherche pour capturer le carbone (par exemple, celui issu de la combustion des centrales à charbon), puis le stocker dans le sous-sol. Peu matures, présentant des risques pour l'environnement (relargage du gaz stocké, par exemple), ces techniques sont controversées, et ce, alors même qu'elles mobilisent des investissements lourds. Faut-il miser sur une technologie qui n'aurait pas encore fait ses preuves, au risque de créer une échappatoire qui pourrait agir comme une tentation de décaler dans le temps des solutions disponibles dès à présent, et ce, sans regret ?

On le voit, si l'objectif de zéro émission nette ne peut être repoussé si l'on veut éviter un emballement climatique, les différentes méthodes pour obtenir des émissions négatives présentent toutes des limites physiques ou un de-

gré de maturité insuffisant à ce stade pour en faire une variable d'ajustement fiable. Une forte réduction de nos émissions de gaz à effet de serre en est d'autant plus incontournable. L'objectif ZEN doit, par conséquent, nous encourager à imaginer un monde très différent en 2050. C'est l'enjeu, par exemple, de l'objectif annoncé dans le Plan climat en France de la fin de la vente de véhicules diesel et essence en 2040. Il s'agit non plus de proposer des améliorations incrémentales, mais bien d'imaginer des solutions qui soient véritablement de rupture.

Réduire très fortement les émissions de gaz à effet de serre anthropiques, c'est d'abord se projeter dans un avenir sans recours aux énergies fossiles. En Europe, la production d'électricité et de chaleur s'appuie encore trop sur le charbon, le lignite, le fioul, le gaz naturel. Pourtant, des signaux forts montrent une montée en puissance des énergies renouvelables. L'AIE prévoit ainsi que les énergies renouvelables seront à l'origine de 30 % de la production d'électricité en 2030, dans le monde. Les coûts ont baissé de manière drastique et vont continuer à chuter. Par ailleurs, la consommation d'électricité ne devrait pas augmenter en Europe, malgré des transferts d'usage comme le développement du véhicule électrique, du fait d'une meilleure efficacité énergétique des équipements et des bâtiments. Aller vers le 100 % d'énergies renouvelables est donc un futur de plus en plus réaliste. Il implique de miser sur un mix d'énergies renouvelables complémentaires, de mieux adapter la demande à la production (pilotage de la demande, effacements) et de développer des solutions de stockage de l'électricité.

La mobilité de demain sera elle aussi complètement transformée. Les carburants fossiles auront laissé la place à l'électricité et au biogaz, ainsi que, pour une part, à l'hydrogène. Surtout, la voiture individuelle et le fret routier auront vu leur part baisser : développement du télétravail, des transports collectifs, des mobilités actives, du covoiturage, des circuits courts, du fret ferroviaire et fluvial... Il s'agit bien de préparer dès maintenant les infrastructures, l'urbanisme et l'aménagement du territoire de demain. Le point noir reste le transport aérien, pour lequel des alternatives technologiques durables n'existent pas encore, à ce jour, alors que ce mode de déplacement continue de croître, et ce, hors des radars des politiques nationales (les émissions de GES par le transport aérien international n'étant pas comptabilisé dans les émissions nationales). Si nous voulons contenir les changements climatiques, nous ne pourrions pas échapper à un véritable débat sur le transport aérien.

En 2050, les bâtiments seront tous, en moyenne, au niveau des bâtiments basse consommation. Concrètement, leur consommation d'énergie et leur bilan carbone seront considérablement réduits, tout en améliorant le confort des occupants. L'énergie consommée sera d'origine renouvelable et le bois et les autres éco-matériaux auront pris une place plus importante dans les matériaux de construction.

Quant à l'industrie, elle s'appuiera sur les énergies renouvelables, mais elle aura également vu ses *process* évoluer. Ainsi, l'utilisation de matériaux recyclés aura augmenté.

Photo © Christian Watier/MAXPPP



Véritable engrais vert (il améliore la structure des sols où il est présent), le trèfle incarnat (ou trèfle du Roussillon) est également un fourrage de haute qualité et une plante mellifère.

« La transition agricole écologique se fera également grâce à l'évolution des pratiques culturelles, mais aussi, et surtout, au travers d'une évolution profonde de notre système agricole : recherche de l'autonomie pour l'alimentation animale, mixité des cultures dans les territoires, conversions en agriculture biologique, etc. »

Notre système agricole et alimentaire aura également été transformé en 2050, en s'appuyant sur deux piliers :

d'abord, une transition alimentaire, qui devra à la fois comprendre une évolution du régime alimentaire (moins de viande et de produits laitiers, davantage de végétaux, de légumes secs et de fruits secs, moins de sucre et de graisses et plus de variété), un plus grand recours à des aliments de qualité (bio, label Rouge, appellation d'origine protégée, etc.), mais aussi davantage de produits locaux et de produits de saison, moins d'emballages et de gaspillage alimentaire, etc. Cette transition alimentaire pourra s'opérer grâce à une meilleure information des consommateurs, à des politiques ambitieuses dans les restaurations collectives, à des initiatives dans les restaurants, les territoires, etc. De telles réorientations seront à même de soutenir les acteurs de filières agroalimentaires de qualité.

La transition agricole écologique se fera également grâce à l'évolution des pratiques culturelles (moins d'engrais azotés de synthèse, développement de légumineuses telles que les lentilles, les haricots ou encore la féverole, gestion des déjections animales, etc.), mais aussi, surtout, au travers d'une évolution profonde de notre système agricole : recherche de l'autonomie pour l'alimentation animale, mixité des cultures dans les territoires, conversions en agriculture biologique, etc. Ces évolutions pourront se faire grâce à un bon accompagnement des agriculteurs, des aides ciblées, une orientation claire de la future Politique agricole commune, etc.

Les solutions existent. L'enjeu auquel nous sommes confrontés est celui de la rapidité avec laquelle nous devons les mettre en œuvre. Seule une implication de tous les acteurs (entreprises, collectivités, associations, agriculteurs, artisans, États, citoyens...) autour d'une vision partagée et d'un chemin à parcourir permettra d'engager cette transition sans laisser une partie de la population de côté. C'est l'enjeu de la révision de la SNBC, mais aussi des schémas régionaux d'aménagement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) et des Plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET), qui doivent, pour cela, intégrer une projection à l'horizon 2050 et favoriser une implication réelle des acteurs de la société civile, ainsi que des évaluations régulières.

Le dialogue entre l'entreprise et les consommateurs, clé de la transition

Par Jean-Dominique SÉNARD

Président de Michelin, président d'Entreprises pour l'Environnement

Les solutions techniques qui nous rapprochent de la neutralité carbone semblent déjà bien avancées. En revanche, leur adoption par les consommateurs est encore lente. L'objectif zéro émission nette est-il atteignable ? Comment changer les modes de consommation des ménages français, accélérer le déploiement des solutions et le retrait des produits et des services émetteurs de gaz à effet de serre ? Quel rôle les entreprises peuvent-elles jouer dans ce qui est un changement de culture, voire de civilisation ?

Le défi de la neutralité carbone en 2050 « zéro émission nette de gaz à effet de serre » mis à l'ordre du jour, à l'été 2017, par le nouveau Plan climat français, a le mérite de changer la dimension du sujet : il interpelle chaque secteur sur sa propre neutralité carbone, sachant que les puits de carbone (émissions négatives), pour le moins incertains, pourront, au mieux, servir de variables d'ajustement.

Le rôle clé des consommateurs

Or, l'examen des émissions de gaz à effet de serre du territoire français montre que si les énergéticiens et les grandes entreprises industrielles sont responsables ensemble de 30 % des émissions, la grande majorité de celles-ci provient aujourd'hui des décisions et des modes de vie des personnes, que ce soit dans leur vie privée ou dans leurs activités professionnelles.

Les entreprises commencent à proposer des solutions concrètes à bilans en gaz à effet de serre très réduits, mais comment faire pour que celles-ci soient effectivement adoptées en masse ?

Elles sont en effet moins familières, présentent parfois des inconvénients et, *in fine*, restent aujourd'hui plutôt marginales. Or, la perspective de marchés est essentielle à l'investissement industriel. Comment entrer dans le cercle vertueux de l'offre et de la demande de produits et de services décarbonés ?

La mobilité en est un exemple éclairant : en France, les transports de fret représentent 7 % des émissions totales, et la mobilité des personnes plus de 20 %. Pour ce secteur essentiellement utilisateur de produits pétroliers, parvenir à la neutralité carbone passera, on le sait, par de nouveaux véhicules et de nouveaux services de mobilité, voire de nouveaux modes de vie privilégiant moins de mobilité forcée et une organisation urbaine plus propice au développe-

ment de services partagés efficaces. Ces trois dimensions requièrent bien sûr non seulement une offre appropriée de la part des entreprises et des politiques publiques, mais aussi et surtout des décisions, de la part des consommateurs, qui diffèrent de ce qu'elles sont aujourd'hui.

Il en va de même en matière de logement et d'alimentation. L'alimentation relève plus que tout autre acte de consommation de décisions personnelles, même si celles-ci sont fortement orientées par les prix des produits. Revenir au moins partiellement à une alimentation moins carnée et plus locale, cela suppose un changement culturel fort par rapport aux tendances des trente dernières années qui, avec l'ouverture mondiale du commerce (par ailleurs largement bénéfique !), ont fait fortement évoluer nos habitudes alimentaires.

Accomplir la rénovation énergétique des logements supposera des décisions de la part des propriétaires, ainsi que des négociations entre propriétaires et locataires qui jusqu'ici sont restées peu nombreuses et très dépendantes des aides publiques.

Le secteur des loisirs, du tourisme et des voyages, qui repose largement sur l'électronique, relève lui aussi de décisions individuelles.

Le succès de la neutralité carbone repose donc avant tout sur l'adhésion de la population à de nouveaux modes de vie. Un signe encourageant en la matière a été donné par l'étude *The good life 2.0* réalisée pour le WBCSD⁽¹⁾, qui semble montrer que les aspirations émergentes vont dans le sens d'un mode de vie dans lequel la convivialité et le lien avec l'environnement prennent le pas sur la possession d'objets et sur l'individualisme – *a priori* au bénéfice de la durabilité. Mais comment confirmer et concrétiser

(1) <http://www.wbcsd.org/Clusters/Sustainable-Lifestyles/News/Why-don-t-we-Redefine-the-Good-Life>

cette tendance, et comment en tirer les réponses aux défis de l'environnement ?

Une partie de la réponse viendra bien sûr des entreprises et de leur capacité à offrir des produits et des services « bas-carbone » : transports à propulsion électrique, logements passifs, alimentation bénéfique pour le climat apparaissent déjà sur le marché. Il reste à les rendre plus attractifs et moins chers, et surtout à faire en sorte que les choix des consommateurs se portent plus systématiquement sur ces produits.

Une autre réponse viendra de l'adoption de politiques publiques apportant la confirmation que les pays veulent sérieusement honorer leur engagement pris dans le cadre de l'Accord de Paris au bénéfice des populations, et donc avec leur soutien (qu'il faudra obtenir) : arrêt programmé de la vente de solutions trop émissives (véhicules thermiques, chauffage à énergies fossiles...), contribution climat-énergie allant croissant et rendant plus coûteuses les solutions carbonées par rapport aux solutions décarbonées, rénovation thermique des bâtiments, aménagement du territoire limitant l'étalement urbain... Encore faut-il, bien sûr, que ces politiques publiques soient votées, donc acceptées par l'opinion publique.

Que ce soit pour des choix spontanés ou pour accepter les nouvelles dispositions légales, une adhésion forte du public apparaît donc indispensable à la transition énergétique. Or, si 80 % de la population se disent inquiets des conséquences du changement climatique, et donc plutôt favorable à la mise en place d'actions correctrices, les comportements réels sont encore peu modifiés : l'empreinte carbone de la consommation des Français, incluant l'empreinte des produits importés, est de 11 teqCO₂ par personne et par an en 2014, comme en 1990, mais en légère baisse après un maximum de 12 teqCO₂ en 2007⁽²⁾.

Le rôle des entreprises dans la formation de l'opinion

C'est là que la communication des entreprises joue un rôle clé : elle est une des forces les plus influentes dans les évolutions des modes de vie, à côté de l'éducation familiale et scolaire. Par leurs messages publicitaires ou leur usage des réseaux sociaux, les entreprises contribuent largement à la construction des représentations de nouveaux modes de vie, voire de normes sociales qui orientent nos choix de consommation. Ainsi, une publicité montrant une famille en tee-shirts pendant l'hiver promet, implicitement, une température intérieure élevée dans les logements. Le message de l'entreprise vers les consommateurs est à la fois un reflet et une prescription. Autant que le désir, il crée la représentation positive que chacun se fait d'un mode de vie auquel chacun peut aspirer et vouloir se conformer au plus tôt.

Ces représentations évoluent lentement : il a fallu trente ans pour que le téléphone portable et Internet soient totalement intégrés dans notre mode de vie et dans notre culture, et ce, alors même qu'ils répondaient à une aspiration spontanée de communication à distance et d'accès à une offre universelle d'information.

Dans ce changement de représentation, des actions parallèles des entreprises et des pouvoirs publics sont une clé de succès. Une politique publique qui s'écarte trop de la norme sociale véhiculée par les messages des entreprises peut être jugée exagérément contraignante et refusée par l'opinion. Au contraire, une politique qui accompagne l'apparition sur le marché de produits et services innovants et fortement attendus peut être acceptée, tout en étant beaucoup plus ambitieuse.

Changer les représentations passe bien sûr d'abord par la promotion de solutions qui existent et s'améliorent en permanence dans une course à l'économie verte engagée au niveau mondial, des solutions dont le succès passe par bien d'autres choses que leurs seules vertus environnementales.

Il y a là, en effet, une forme de paradoxe : même si les attentes des consommateurs en matière d'environnement sont réelles et croissantes, et même si elles ressortent clairement des enquêtes d'opinion, de diverses études et de l'expérience de nombreux commerciaux, il s'avère qu'un bénéfice environnemental est rarement déterminant dans l'acte d'achat ; les consommateurs se déterminent surtout par rapport à d'autres critères : prix, rôle pour leur santé, statut⁽³⁾, services complémentaires..., l'environnement n'arrivant qu'en fin de liste de ces déterminants.

Pour sortir de ce paradoxe, une voie pour les entreprises est de proposer, chaque fois que cela est possible, des solutions répondant à la fois à ces autres critères et au souci environnemental qui rendent le changement plutôt agréable, et donc désirable.

À cet égard, la simultanéité des transitions digitale et environnementale est plutôt un atout : l'introduction de produits et de services « intelligents » fait reposer sur des automatismes les comportements vertueux que les consommateurs peinent à adopter spontanément. Les détecteurs de présence éteignent la lumière (ou le chauffage) à notre place ; les véhicules autonomes nous éviteront des trajets inutiles, et l'attraction de cette intelligence dans nos représentations est certainement un puissant moteur d'achats.

Par leurs solutions comme par la représentation des modes de vie qu'elles diffusent, les entreprises auront donc une grande part dans la transformation de l'opinion publique et des comportements de consommation nécessaires à la neutralité carbone. Toutefois, intégrer le climat et l'environnement dans leur stratégie *marketing* est pour les entreprises une décision difficile à prendre, et cette intégration pose encore beaucoup de questions.

Les difficultés de la transformation du marketing

Pour une entreprise, changer sa communication en direction de ses marchés soulève en effet des obstacles à la

(2) En approche « empreinte de la consommation », I4CE estime que les émissions de la Chine sont inférieures de 30 % à celles de l'Europe, et inférieures de 50 % à celles de la moyenne de l'OCDE.

(3) Voir, par exemple, les travaux de Magali Delmas, http://newsroom.ucla.edu/stories/q-a-with-magali-delmas-on-what-really-motivates-green-behavior#.VjKWWQn-8dE.google_plusone_share

fois en interne et en externe (notamment la crainte de réactions négatives de la part des consommateurs).

Le consommateur n'apprécie pas en effet qu'on le dérange dans ses pratiques de consommation : sans vouloir nuire à l'environnement, il refuse souvent de devoir se contraindre ou de compliquer sa prise de décision même pour préserver ledit environnement. Il n'aime ni les discours moralisateurs ni être mis en situation de culpabilité et se refuse à renoncer à la satisfaction de ses souhaits et de ses besoins. Le risque de tomber dans l'un de ces travers est un frein fréquent pour la communication des entreprises. L'humour apparaît comme une voie prometteuse, comme l'a montré la série des films publicitaires d'EDF autour de l'acteur Éric Judor, mais l'humour doit lui aussi être manié avec précaution.

L'utilisation de tendances existantes est bien sûr un atout : la consommation de protéines animales baisse en France pour de multiples raisons, et cette tendance peut être mise implicitement au service du climat grâce à une communication positive sur des alternatives attractives aux produits carnés.

En l'absence de telles évolutions, comment l'environnement peut-il néanmoins rentrer dans le non-dit, dans l'évidence, dans le « ça va de soi » de la communication entre l'entreprise et ses consommateurs ? Cela suppose une mobilisation des services de *marketing*, une mobilisation qui s'engage progressivement parmi les membres d'Entreprises pour l'Environnement (EpE), mais non sans d'indéniables difficultés.

La communication de l'entreprise en direction de ses consommateurs est en effet un sujet majeur pour son activité. Elle a donné lieu à d'innombrables études et innovations tout au long du XX^e siècle... Tout le secteur de la publicité répond à cet enjeu, de même que le *Customer Service Management*, le *marketing*, la fonction commerciale... L'urgence environnementale vient bousculer tout un ensemble d'expertises qui ont leur propre dynamique et des codes bien établis.

La complexité de la question est facile à comprendre :

- le domaine de l'environnement a de multiples dimensions, et si l'entreprise évoque un sujet particulier, elle peut être interpellée sur d'autres : un produit bon pour le climat l'est-il aussi pour la biodiversité, n'est-il pas plus polluant ? ;
- tout est relatif en matière d'environnement, et tous les acteurs progressent ; à partir de quel moment peut-on se prévaloir d'un avantage environnemental ?
- parler d'environnement est techniquement difficile si l'on veut être rigoureux, car il faut réaliser des études dédiées et une adaptation continue à l'évolution des connaissances et des solutions est nécessaire ;
- alors que le registre de la communication vers le consommateur est en général positif, l'évocation de l'urgence environnementale, nécessairement anxiogène et culpabilisante, est de nature à retenir l'acte d'achat plutôt qu'à le favoriser : comment contourner cet obstacle ?

Pour les entreprises, communiquer sur l'environnement en direction de leurs clients est ainsi souvent difficile, voire risqué, ce qui explique une certaine réserve, voire une certaine timidité de leur part. De quoi parler, et comment en parler ?

Surtout, le risque principal perçu s'exprime en quelques questions : quand arrêter de promouvoir des solutions carbonées ? Peut-on parler d'environnement sans perdre des ventes, sachant que nombre d'entreprises réalisent aujourd'hui des ventes, et donc des profits sur des produits carbonés, et ce, dans tous les secteurs. Faut-il d'ores et déjà en détourner les consommateurs ? Et à quelle vitesse, si les concurrents ne le font pas, alors que les efforts de développement et de promotion des alternatives décarbonées sont coûteux et demandent des ressources importantes ?

Un certain nombre de consommateurs interrogés sur leurs changements de pratiques affirment compter sur les entreprises pour apporter des solutions. Néanmoins, lorsque des produits plus conventionnels sont proposés et promus, ils rencontrent le succès.

Quelle place relative ou absolue donner, dans la communication, aux nouvelles offres qui sont en avance du point de vue de l'environnement, mais dont la place sur les marchés est loin d'être assurée ? Le rythme de sa transition est une décision stratégique pour chaque entreprise, dont le *marketing* sera l'instrument principal.

Dans cette prise de décision, les risques évoqués plus haut pèsent lourd, bien sûr, mais il faut les considérer au regard des nouvelles opportunités, car il y a aussi une prime aux pionniers et l'on peut s'attendre à ce que le souci environnemental s'intensifie. L'attente des consommateurs, comme, de plus en plus, celle des investisseurs, est bien que les entreprises prennent en charge les sujets d'environnement ; ne pas répondre à cette attente sociétale, ou y répondre trop tard, est aussi un facteur de risque pour l'entreprise.

Le risque réglementaire est lui aussi bien réel : il vaut toujours mieux l'avoir anticipé.

Du côté des opportunités, de nouveaux marchés vont se créer, parfois sous l'impulsion d'acteurs entrants. Autant les anticiper, les créer et conquérir des positions pour pouvoir en bénéficier. Les marchés du futur seront d'emblée au niveau mondial.

Ces tendances conduisent les entreprises membres d'EpE à engager le mouvement et à prendre des initiatives afin d'intégrer plus intensément l'environnement à leur *marketing*, en l'alignant sur des stratégies ambitieuses de décarbonation.

Elles le font avec des outils choisis, dans un registre adapté à des attentes parfois non formulées, ou contradictoires, de publics ayant des degrés d'intérêt et une réceptivité encore contrastés, mais qui, globalement, attendent d'elles la solution à l'un des plus grands défis auxquels l'humanité ait jamais eu à faire face jusqu'ici.

La brochure tout récemment publiée par EpE⁽⁴⁾, qui est fondée sur les expériences concrètes d'entreprises membres d'EpE œuvrant à cette transformation, apporte des éléments de réponse à ces deux questions du pourquoi et du comment intégrer l'environnement à sa communication et à son *marketing*. Elle vise à amplifier un mouvement certes encore émergent, mais en tout cas urgent.

Intimement, je sais que c'est la bonne voie !

(4) www.epe-asso.org/publications

Se doter d'un prix du carbone pour faciliter la transition énergétique ? Certes, mais cela ne suffit pas

Par Dominique DRON ⁽¹⁾

Ingénieure générale des Mines, Conseil général de l'économie (CGE)

Se doter d'un prix du carbone est souvent présenté comme le sésame de la transition énergétique en tant que réponse au dérèglement climatique, voire comme un modèle indépassable de politique publique pour réduire les dommages environnementaux causés par les activités humaines. À l'analyse, cet outil ne s'exonère pas cependant des défauts liés, d'une part, à une traduction souvent trop exclusivement monétaire des ressorts économiques et sociaux et *a fortiori* des processus naturels et, d'autre part, à des hypothèses et à des concepts par trop éloignés de ces fonctionnements réels. C'est pourquoi, alors que la sortie de route menace le système Terre-Humanité, il est urgent de replacer l'utilisation du « prix du carbone » dans un ensemble cohérent de considérations et de mesures qui ne sont pas toutes, et de très loin, de nature économique.

Introduction

Une partie des débats sur la transition écologique et énergétique et sur l'Accord de Paris tourne autour de la monétarisation du carbone et, plus largement, de celle des processus et des « objets » naturels. Pour certains, un prix unique, mondial, du carbone constituerait un modèle de tarification incitative efficace pour toute externalité ⁽²⁾ environnementale et une condition nécessaire, voire suffisante, ainsi que la meilleure voie pour faire basculer nos sociétés du côté de la soutenabilité ⁽³⁾. Cette apparente simplicité doit être fortement nuancée.

Mérites et difficultés d'une monétarisation de marché du carbone

Le principe pollueur-payeur a une efficacité : le bonus-malus écologique instauré en 2008 a effectivement déplacé l'offre des constructeurs vers des véhicules de moins en moins émetteurs de CO₂ ; le différentiel de coût des carburants entre la France et les États-Unis a bien suscité des parcs de véhicules et des formes urbaines plus consommatrices de l'autre côté de l'Atlantique que sur la rive européenne. Faut-il pour autant conclure que la fixation d'un prix constitue le moyen idéal préalable à l'atteinte de tout objectif environnemental (ou social) ? Peu amène à l'égard des politiques publiques, F. A. Hayek soulignait déjà que les marchés étaient incapables de répondre à deux besoins, qu'il jugeait néanmoins incontournables : la résilience de la société (selon lui, l'État doit prélever de quoi fournir un salaire minimum à tous) et la gestion des biens communs (dont la nature) ⁽⁴⁾.

Prenons le carbone, sous sa forme de dioxyde CO₂. Le caractère homogène de ce produit de référence (le gaz carbonique) et de ses principales conditions de production (la combustion des énergies fossiles et la production de ciment ⁽⁵⁾) ainsi que la globalité quasi immédiate de ses effets sur le mélange atmosphérique en font un candidat attrayant à la monétarisation. Au-delà de cette similitude avec la monnaie fiduciaire, par rapport à quoi pouvons-nous juger de son « vrai » prix ? Serait-ce par rapport au coût de l'atténuation du changement climatique, et, dans l'affirmative, jusqu'à quel niveau ? Ou bien par rapport au coût des dommages à éviter, coûts et dommages pour qui, et à quel horizon ? Si la référence à l'atténuation a été privilégiée, ce

(1) Le présent texte n'engage que son auteur.

(2) Ma pratique professionnelle m'a conduite à la définition suivante des externalités : « Ce dont tout le monde se moque jusqu'à ce que quelqu'un se rende compte que c'est lui qui en subit les conséquences ».

(3) Voir, par exemple, les articles typiques de TIROLE J. et GOLLIER Ch. (2015), *Le Monde*, 5 juin, et de TIROLE J. et SAUSSIER S. (2015), *Le Monde*, 2 mai 2015.

(4) Rapporté par PASSET R. (2010), *Les Grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire*, Éditions Les Liens qui libèrent, pp. 832, 842 et sq.

(5) 20 % du CO₂ émis est le fait de la déforestation et du changement d'usage des sols ; déjà là, même si la globalité de l'effet demeure, non seulement une estimation quantitative des émissions ou du captage de CO₂ devient beaucoup plus ardue, mais de plus les effets régionaux de la disparition d'une forêt s'avèrent bien plus lourds que les émissions d'une centrale ou d'une cimenterie.

fut pour des raisons diplomatiques⁽⁶⁾ et pratiques, les mesures à prendre étant plus faciles à décrire que les (futurs) dommages.

Certains, comme Henri Prévot⁽⁷⁾, estiment que s'il s'agit d'obtenir un changement de comportement de la part d'un acteur économique, c'est le prix des facteurs de production qui sera incitatif, et non le coût de l'externalité. Il propose donc que ce soit le prix final de l'énergie qui soit modulé de façon prévisible pour les différents secteurs en fonction de leur sensibilité respective, l'atténuation climatique motivant non pas la valeur de l'écart entre un prix de marché théorique et son prix pratiqué, mais seulement l'existence d'un tel écart.

En effet, s'il s'agit d'un prix de marché du carbone en tant que tel, l'écroulement du cours des quotas européens (ETS), alors que la sévérité des dégâts climatiques actuels et attendus ne ferait que croître, ne rend pas optimiste quant à la capacité « spontanée » d'un prix de marché à refléter des enjeux réels. Les conséquences continues, en cascades temporelle et géographique et non réversibles à l'échelle humaine, du réchauffement de l'atmosphère ne permettent pas d'identifier un quelconque intérêt privé qui serait particulièrement légitime pour fournir une telle évaluation, *a fortiori via* des marchés court-termistes, dont les logiques sont de plus en plus autoréférentielles⁽⁸⁾.

Beaucoup a déjà été écrit sur l'incapacité d'un marché trop fluctuant à asseoir des stratégies longues comme celles exigées par la transition climatique. Avec ce nouvel « actif », on assisterait probablement à l'utilisation de techniques désormais courantes, telles que l'automatisation par les algorithmes et le *trading* à haute fréquence, et à une concentration rapide des acteurs déterminants du marché. Ces trois sources de mimétisme amplifieraient, là comme ailleurs, les fluctuations⁽⁹⁾ et rendraient le signal totalement impropre à l'orientation des investissements industriels, alors que c'est pourtant l'objectif affiché. D'ailleurs, l'Union européenne a adopté une réserve de stabilité pour ce marché, et nombre d'acteurs, dont France Stratégie, recommandent dès maintenant qu'un régulateur y impose un prix-plafond, un prix-plancher et une évolution prévisible dans la durée.

La faute à l'« imperfection » des quotas attribués, dira-t-on. Mais tout marché réclame une attribution initiale des actifs ! R. Guesnerie explique ainsi qu'une des conditions *sine qua non* d'un marché mondial acceptable est l'existence d'un « dictateur bienveillant » capable de répartir équitablement les quotas initiaux avant tout échange, et qu'en l'absence de celui-ci, il vaut mieux « multiplier les petits ruisseaux⁽¹⁰⁾ ». Une répartition initiale (avant tout échange) parfaitement équitable des richesses par une « autorité centrale bienveillante » entre les acteurs de la société constitue en effet une condition théorique *sine qua non* de la simple faisabilité de la fonction de bien-être social⁽¹¹⁾ sur laquelle se fondent les raisonnements d'optimisation des économistes néoclassiques..., ce qui en réduit notablement la portée pratique.

Une valeur tutélaire du carbone comme référence

La valeur attribuée à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) doit donc être décidée socialement et politiquement, ce qui paraît logique pour un bien commun d'une importance aussi considérable pour les humains que le climat. Cette valeur tutélaire de la tonne d'équivalent carbone serait porteuse d'une dynamique propre à entretenir sur des décennies les investissements de réduction des émissions de GES, avec des niveaux impératifs.

Quelle valeur lui donner alors ? Certains proposent⁽¹²⁾ l'introduction d'une valeur tutélaire du carbone évité, constituant ainsi de nouveaux actifs, avec une garantie de l'État. Elle permettrait de gagner un point de PIB, à condition que les économies d'énergie pénètrent plus vite l'économie que la hausse des prix. Combet et Hourcade⁽¹³⁾ montrent que, s'il s'agit d'une taxe, la façon d'en utiliser le produit va influencer considérablement sur son niveau nécessaire pour obtenir un résultat donné. Ainsi, sur 2020-2035, quel que soit le prix du pétrole, des dépenses d'économie d'énergie et de décarbonation assorties d'une taxe carbone, avec baisse des charges sociales et montée des investissements dans les infrastructures de transport, ne dégraderaient pas le PIB.

Mais s'agit-il d'une valeur ou d'un prix ? Une garantie de l'État sur une valeur tutélaire (bien commun), pour un processus (le climat), qui serait par ailleurs, comme un bien classique, l'objet d'un marché et donc de prix, pose question. D'une part, en termes de statuts : un bien commun ne peut faire l'objet d'un marché à l'égal d'un bien appropriable ; en effet, un prix est libérateur, tandis qu'une valeur est informative ou normative. D'autre part, en termes pratiques : l'État n'a sûrement pas vocation à compenser, *via* l'impôt, les aléas d'un marché privé concernant un bien commun. Il s'agit donc bien d'une valeur – et non d'un prix.

Une seule valeur ? Un seul prix ?

Le marché des quotas carbone, dans son périmètre d'industrie lourde, s'adressait à des secteurs aux temporalités

(6) Jean-Claude Hourcade avait ainsi rapporté, dès 1994, l'impossibilité d'un accord sur le prix de la vie humaine au niveau mondial : égal pour tous ou proportionnel au PIB ?

(7) PRÉVOT H. (2013), Moins de CO₂ pour pas trop cher : propositions pour une politique de l'énergie, Éditions L'Harmattan.

(8) Un titre typique d'article financier pour illustrer cette autoréférentialité : « La sécheresse ranime le cacao », Les Échos, mars 2007.

(9) Voir, par exemple, NAULOT J.-M. (2017), Éviter l'effondrement, Éditions du Seuil.

(10) « "Le dictateur bienveillant" et le climat », GUESNERIE R. (2015), Le Monde, 24 juin.

(11) MAS-COLELL A. et al. (1995), "Microeconomic Theory", OUP USA, p. 117, cité par KEEN S. (2014), dans L'Imposture économique, Éditions de l'Atelier, p. 91.

(12) ESPAGNE É., HOURCADE J.-Ch. et PERRISSIN-FABERT B., « La finance au secours du climat ? La Nature entre prix et valeur », Nature Sciences Sociétés, 10.1051/nss/2015027.

(13) COMBET E. et HOURCADE J.-Ch. (2014), « Taxe carbone, retraites et déficit public : le coût caché du cloisonnement des expertises », Revue d'Économie politique, vol. 124.

Photo © Sascha Steinbach/EFEE/Newscom-MAXPPP



La centrale thermique au lignite de Bergheim (Allemagne).

« Le marché des quotas carbone, dans son périmètre d'industrie lourde, s'adressait à des secteurs aux temporalités assez similaires. Or, une économie est intrinsèquement hétérogène : quel prix serait-il incitatif et praticable d'emblée pour l'aérien, la chimie, l'agriculture, les ménages..., *a fortiori* sur le globe ? »

assez similaires⁽¹⁴⁾. Or, une économie est intrinsèquement hétérogène : quel prix serait-il incitatif et praticable d'emblée pour l'aérien, la chimie, l'agriculture, les ménages..., *a fortiori* sur le globe ? Par conséquent, se fixer comme objectif d'entrée une seule valeur monétaire du carbone pour tous les secteurs la condamnerait soit à être insignifiante (et donc inefficace, sauf comme ressource financière), soit à sélectionner des activités selon non pas des substitutions fonctionnelles (par exemple, en faisant croître l'usage de bois « soutenable » dans la construction au détriment de matériaux plus émetteurs, de bois illégal ou de bois issu de plantations ravageuses), mais selon le poids du coût du carbone dans le chiffre d'affaires ou dans les investissements à consentir. Or, un avion n'est pas un substitut à l'aspirine, pas plus que l'inverse. Bien sûr, une progression peut être programmée, ce qui est important pour sa mise en œuvre, mais les hétérogénéités demeurent et, à un moment ou à un autre, elles doivent être traitées.

Cela signifie que, contrairement à la *doxa*, un prix ne contient pas TOUTE l'information nécessaire à l'action, et donc au résultat attendu. Prenons un exemple sur lequel nous avons du recul : la taxation des produits phytosanitaires en France n'en a pas réduit l'usage, certes parce que le secteur agrochimique a pu l'absorber dans ses marges, mais aussi, et surtout, parce que produire

sans ou avec beaucoup moins de pesticides suppose de changer les pratiques culturales, les savoirs enseignés, les conseils des coopératives, les habitudes des chambres d'agriculture, les critères des prêts bancaires, de corriger certaines croyances, voire un certain mépris culturellement ancré⁽¹⁵⁾. Pour installer des panneaux solaires, encore faut-il que l'assurance du plombier couvre bien le fait qu'il monte sur un toit, et cela ne se décide pas par la seule coordination d'un prix. Enfin, chaque fois que les derniers à évoluer seraient ou s'imagineraient être gagnants (même pour un temps court...), alors c'est tout le contexte juridique et culturel qui devrait être changé pour déclencher le mouvement. Autant dire qu'un prix est loin de suffire⁽¹⁶⁾.

(14) À l'exception de l'aérien, assez différent, dont la sensibilité au prix du carbone diffère également. C'est d'ailleurs à ce titre que le fait de l'inclure ou non dans le même marché que les industries antérieures a été controversé.

(15) « Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations et des filières », MEYNARD J.-M. et al. (2013), INRA, janvier.

(16) Depuis quelques années, l'équation économique favorable de l'agriculture biologique conduit un nombre croissant d'exploitants à opérer cette conversion. D'où l'épuisement, en 2016, des soutiens financiers à la conversion (3 ans) prévus dans le cadre de la PAC.

La monétarisation hors carbone : un risque accru d'inadéquation

Ce qui est constaté pour le carbone des émissions fossiles l'est encore davantage pour d'autres enjeux moins fongibles et plus territoriaux. Ainsi, les effets climatiques de la disparition d'une forêt doivent s'analyser de façon régionale, et pas seulement globale : la déforestation des forêts côtières entraîne l'assèchement des massifs situés à l'arrière, sur le continent, tel un jeu de quilles, avec les dégradations biologiques et pédologiques qui s'enchaînent, et (entre autres) l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre consécutives. Pour ce qui concerne l'eau elle-même, dans la vallée de Copiaco, au Chili, un marché de l'eau intersectoriel fut instauré en 2005 pour gérer une ressource souterraine dans laquelle puisaient des vergers, des ménages et des mines métalliques. Les activités minières pouvaient supporter un prix de l'eau décuple de celui des arboriculteurs ; ceux-ci commencèrent donc à revendre leurs droits. Mais l'économie du Chili a aussi besoin de vergers, pas seulement de mines ! La situation a donc requis tout un ensemble de mesures techniques et juridiques, notamment en termes de droits d'accès, et pas seulement un prix.

L'illusion de la validité d'un prix unique intersectoriel vient peut-être du fait que la théorie économique fonde son raisonnement sur des courbes de demande agrégées sur un marché, en leur étendant les propriétés de la courbe de base établie pour un seul bien et un seul consommateur. Or, cette extrapolation de propriétés aux courbes agrégées n'est véritablement possible qu'en postulant un unique « acteur représentatif », et des biens qui soient totalement substituables entre eux⁽¹⁷⁾ ; ce n'est absolument pas le cas dans une économie réelle, au contraire d'un raisonnement de portefeuille. Le contexte de la « mise à prix » est au moins aussi important que la tarification elle-même. Une fois encore, rappelons que la totalité des informations nécessaires n'est pas comprise dans un prix.

Que vaut une orientation par les prix dans un système hors équilibre ?

Cette controverse pourrait provenir d'une confusion, fréquente, entre la situation finale à laquelle on souhaite aboutir et la transition vers celle-ci : en effet, la réalité n'est pas « à l'équilibre⁽¹⁸⁾ ». Dire qu'un prix constitue la meilleure manière (et, pour certains, la seule) de faire basculer tout un modèle de développement revient à supposer que ce dernier s'adapterait aussitôt de façon cohérente et simultanée sur cette seule base et à négliger l'indispensable contexte d'apprentissage et de diffusion des alternatives, la coordination des acteurs et la réalisation des investissements. Ce n'est pas parce que le mot « capital » est souvent utilisé indifféremment pour le monétaire, la technique, les savoir-faire et les processus naturels que la confusion des temporalités qui en résulte et qui prévaut souvent dans les modèles en devient pertinente !

Les versions extrêmes de cette vision correspondraient à un monde dans lequel les informations nécessaires seraient acquises par le seul prix, et les décisions prises

« maintenant, pour l'avenir tout entier⁽¹⁹⁾ », comme le distille Keynes avec un humour féroce : « Cette manière d'envisager les choses dans un long espace de temps est une mauvaise méthode d'étudier les événements actuels. À la longue, nous serons tous morts. Les économistes se donnent une tâche trop facile et trop inutile si, dans une période orageuse, ils se contentent de nous dire que lorsque la tempête est passée, l'océan redevient calme⁽²⁰⁾ ».

Utiliser des prix de marché comme outil principal, voire comme outil tout court, est encore plus douteux pour les écosystèmes, qui sont source de régulations vitales pour nous. Si des tonnes de gaz à effet de serre peuvent s'ajouter ou se retrancher, sur l'ensemble du globe, avec un résultat physique concret, la destruction d'une forêt équatoriale ne saurait être biologiquement compensée ni par l'extension d'une forêt boréale ni, *a fortiori*, par une plantation de palmiers à huile ou d'eucalyptus pour pâte à papier⁽²¹⁾. Quel prix donner alors à des processus dont les fonctions ne sont substituables ni entre eux ni par des artefacts ? Les rôles vitaux de la mer ne seront jamais remplis par une litanie de piscines et de bassins d'aquaculture !

En outre, le prix d'un bien vital en raréfaction monte théoriquement vers l'infini. Or, plus le prix monte, plus l'appropriation est tentante et plus trafics et surexploitation se développent : poissons, espèces protégées, ivoire, zones de pêche, forêts... Les « biobanques », qui, depuis 1991, proposent des titres associés à telle ou telle espèce, ne font souvent que spéculer sur la hausse du titre, c'est-à-dire, en fait, sur la destruction finale du « sous-jacent »... La mesure monétaire induit donc une substituabilité trompeuse, et parfois perverse⁽²²⁾ : il n'existe pas de « *Quantitative Easing* environnemental » et les processus vivants ne sont pas substituables par du capital, contrairement à ce que l'usage indifférencié de ce mot tendrait à faire penser.

Gérer par les prix correspondrait à un monde inépuisable

Mark Kurlansky⁽²³⁾ décrit comment la pêche, jusqu'à l'effondrement des gigantesques populations de morue atlantique, forgea durant des siècles le destin de na-

(17) KEEN S., op. cit., pp. 86-87.

(18) Id. p. 270 ; et POTTIER A. (2014), L'économie dans l'impasse climatique, thèse de doctorat.

(19) KEEN S., op. cit., p. 450, citant Debreu.

(20) Ibid., p. 224. La citation prend toute sa saveur lorsqu'on la confronte à son utilisation tronquée habituelle (« À long terme, nous serons tous morts »), invoquée pour minorer les effets différés, notamment environnementaux, des décisions.

(21) Voir, par exemple, COHEN DE LARA M. et DRON D. (1998), Économie et environnement dans les décisions publiques, La Documentation Française, Collection des rapports officiels.

(22) « Pour une régulation écosystémique de la finance ? », DRON D. (2015), Annales des Mines, Réalités Industrielles, février : <http://www.annales.org/ri/2015/fevrier/08-ri-resum-FR-AN-AL-ES-fevrier-2015.html#08FR>

(23) KURLANSKY M. (1997), Cod: a biography of the fish that changed the world, Penguin Books.

tions européennes et américaine, comment elle inspira aux États-Unis une conception économique fondée sur l'exploitation sans frein de ressources naturelles gratuites et sur le commerce non taxé, et quel événement impensable, pourtant annoncé trente ans auparavant par les pêcheurs côtiers, fut le moratoire de 1992 pour la grosse pêche et l'industrie alimentaire. Plus prosaïquement, en cas de non-approvisionnement des stations-service, introduire des billets directement dans son réservoir ne fera pas rouler une voiture : que signifie un prix dans ces conditions ?

C'est que la finitude est une véritable révolution mentale : des prix ne peuvent ni réparer des processus naturels, ni ressusciter des ressources épuisées, ni déclencher une réorientation des économies et des sociétés vers le ménagement de la terre ; ils pourront, dans certains cas, seulement l'accompagner ou la renforcer. En outre, l'idée même d'une gestion par les prix suppose, d'une part, un choix possible des comportements⁽²⁴⁾ et, d'autre part, une certaine substituabilité du point de vue de la collectivité : pour qu'un dol soit considéré comme atténué, voire annulé par une somme d'argent, il faut que ce dol soit jugé pécuniairement (et moralement) compensable.

Comme illustré par le cas de l'agriculture, un univers cohérent de signaux et de moyens convergents de différentes natures doit donc être instauré. Quand de nouvelles tarifications sont décidées, c'est en général que d'autres éléments ont auparavant progressé au sein des sociétés, et qu'ils les ont rendues possibles. De plus, compte tenu de l'ampleur grandissante des dommages prévisibles⁽²⁵⁾, le sens de l'histoire va vers le suivi physique – et non monétaire – des impacts des activités humaines et vers les outils de comptabilité, de spécification et de régulation correspondants. Il y a un besoin de prix, certes, mais sûrement pas pour tout, notamment lorsque la collectivité ressent que la substituabilité n'est plus tolérable.

Nous sommes en quête de relance économique soutenable et de réconciliation sociale. Nous devons aussi renouveler nos infrastructures, nos procédés, nos produits et nos façons de vivre pour ne pas perdre nos conditions biophysiques vitales. Les marchés et les soutiens publics (comme les financements privés) peuvent servir ces objectifs, par exemple, avec des repères sociaux et environnementaux, comme le proposent le Livre blanc français pour le financement de la transition écologique⁽²⁶⁾ ou le *German Sustainability Code*⁽²⁷⁾. La part des investissements socialement responsables s'accroît continûment, mais elle reste très minoritaire⁽²⁸⁾. L'affichage environnemental expérimenté en 2011-2012, suite au Grenelle Environnement, a montré que petites et grandes entreprises pouvaient bâtir et suivre des spécifications environne-

mentales pour leurs produits. La loi Grenelle 2 (de 2010), puis la loi pour la transition énergétique de juillet 2015 ont étendu aux investisseurs institutionnels le *reporting* écologique. Les grands investisseurs se retirent peu à peu des actifs charbonniers⁽²⁹⁾, les banques de développement ont décidé de tracer le carbone dans toutes leurs opérations... Mais il faudra d'autres évolutions pour que la finance et les prix réapprennent le monde réel⁽³⁰⁾ et se réaccordent avec les exigences concrètes de celui-ci.

Conclusion

Si les prix sont souvent utiles et parfois indispensables pour faire évoluer les économies, ils peuvent rarement déclencher un mouvement de fond, parce qu'un prix est trop pauvre en information, ni toujours l'orienter à bon escient, parce que la substituabilité des processus vivants ou du climat par le capital (technique ou monétaire) est, concrètement, très limitée, et le devient de plus en plus à l'approche des seuils de basculement. Une fois ceux-ci atteints ou dépassés, quel sera le jugement collectif sur cette substituabilité ? Les sociétés pourraient alors entrer dans d'autres régimes juridiques pour les biens communs vitaux affectés. Considérons alors le prix du carbone pour ce qu'il est : non pas l'élément-clé d'un modèle théorique auquel la réalité devrait se conformer, mais l'un des outils, certes souvent nécessaire, mais néanmoins partiel et parfois très défectueux, de notre indispensable transition économique, écologique et sociétale.

(24) Ainsi, le meurtre n'est pas sanctionné par le paiement d'une amende, car le meurtre est interdit ; un prix sur une émission de GES suppose que cette émission soit licite, même si elle n'est pas souhaitée par la collectivité.

(25) Ainsi, selon une étude récente, nous n'aurions plus que 5 % de chances de ne pas dépasser 2 °C de réchauffement avec les mesures en cours et prévues, ce qui correspond à une accélération des dégradations biologiques et climatiques sur le globe : "Less than 2 °C warming by 2100 unlikely", RAFTERY A. E. et al. (2017), Nature Climate Change,

<http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate3352.html?foxtrotcallback=true>

(26) http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Livre_blanc_sur_le_financement_de_la_transition_ecologique.pdf

(27) http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNE_The_German_Sustainability_Code_GSC_text_No_41_January_2012.pdf

(28) Exemple : 7 % des encours totaux en France en 2015 (765 G€), soit + 29 % par rapport à 2014 (Novethic).

(29) C'est moins net pour les actifs pétroliers, qui font partie des indices de cotation, ce qui n'est pas le cas du charbon.

(30) « L'écologie, un modèle pour la finance », DRON D. (2015), Études, novembre, pp. 43-56.

Les travailleurs, acteurs indispensables et moteurs de la transition écologique

Par Laurent BERGER

Secrétaire général de la Confédération Française Démocratique du Travail (CFDT)

La nécessité de repenser nos modèles de production et de consommation est devenue évidente. Mais il y a plusieurs façons de réaliser les transitions écologique et énergétique que nous attendons. Celle que nous refusons, c'est une transition brutale et décidée unilatéralement. Pour être justes, acceptées et durables, ces transitions doivent être pensées collectivement. Il faut faire de ces transitions un chantier démocratique, organiser un débat pour pouvoir décider ensemble de la manière d'évoluer vers un mode de développement plus respectueux de notre environnement, des citoyens et, parmi eux, des travailleurs. Le travail et l'emploi ne peuvent être des variables d'ajustement. Ce sont les clés de la réussite de cette transition écologique qui doit être regardée à hauteur d'homme.

L'indispensable transition vers un modèle de développement de qualité

Ouragans, incendies, pluies diluviennes... Les catastrophes naturelles se multiplient et s'intensifient au rythme du réchauffement climatique. Ce phénomène est la conséquence directe du mode de vie des pays industrialisés, de la déforestation, de l'agriculture intensive et de l'exploitation des énergies fossiles. Ce mode de production fortement consommateur de matières premières et polluant pèse lourdement sur l'Homme, sur la biodiversité et sur des ressources naturelles qui ne sont pas infinies.

Face à ces pressions écologiques et énergétiques, nous ne sommes pas égaux. Ces dérèglements aggravent les inégalités sociales ou en engendrent de nouvelles. À chaque catastrophe climatique, les personnes les plus précaires sont les moins préparées, les plus touchées et les plus démunies pour reconstruire leur habitation et accéder aux soins. Il n'est plus temps de commenter. Il faut enclencher sans plus tarder la transformation de notre modèle de développement.

La transition écologique est un beau projet commun pour l'avenir, parce qu'elle invite à renouer avec la qualité pour tous, plutôt que la quantité pour quelques-uns seulement. Le syndicalisme international a un mot d'ordre : « Il n'y aura plus d'emploi sur une planète morte ! »

La transition écologique nous concerne toutes et tous. Elle peut être aussi une opportunité de vivre et de travailler mieux, d'adopter des modes de fonctionnement plus

démocratiques et de réinterroger la finalité de l'économie, le rôle de l'entreprise... Les transitions écologique et numérique en cours sont souvent perçues comme des menaces. C'est vrai qu'elles comportent des risques à certains égards. Mais elles offrent aussi de réelles opportunités à saisir, pour reconstruire un projet de société plus juste et davantage porteur de progrès.

La CFDT a très vite intégré les préoccupations environnementales à ses réflexions et à ses revendications. Dès les années 1960, nous avons dénoncé le fait que les ouvriers étaient plus exposés que les classes plus aisées aux risques environnementaux, non seulement dans leur travail, mais également en dehors de celui-ci du fait de leur environnement urbain. De la même manière, nous nous interrogeons sur les finalités de la croissance et nous nous inquiétons des dégâts potentiels des évolutions technologiques présentées alors comme des progrès.

Or, les modèles productivistes n'ont pas seulement épuisé les ressources naturelles, ils ont aussi épuisé les femmes et les hommes.

La filière porcine, en Bretagne, en est une bonne illustration. Le problème, ce n'est pas uniquement la prolifération des algues vertes, ce sont aussi les conditions de travail dans les abattoirs.

La CFDT a toujours porté une volonté de transformation sociale qui nous conduit à interroger le modèle de développement actuel et à formuler des propositions concrètes pour une croissance durable et de qualité au service du

Photo © J. Le Gall Plérin/PHOTOPQR/Ouest France-MAXPPP



Situé à Plérin en Bretagne (Côtes d'Armor), le Marché du Porc breton est le marché sur lequel est fixé le prix de référence de cette viande pour l'ensemble de la France, 18 août 2015.

« Or, les modèles productivistes n'ont pas seulement épuisé les ressources naturelles, ils ont aussi épuisé les femmes et les hommes. »

bien-être tant individuel que collectif. Si nous posons un regard attentif sur les questions sociétales, c'est dans l'optique de parvenir à l'émancipation des travailleurs, laquelle doit être conquise dans tous les aspects de leur vie, y compris en dehors des murs de l'entreprise. La pollution, l'aménagement de notre cadre de vie, la qualité de notre alimentation, la consommation... : ça nous concerne ! L'écologie n'est pas un simple supplément d'âme, c'est aussi une question structurante.

La transition écologique peut constituer une formidable opportunité pour mettre en œuvre un modèle de développement de qualité qui concilie performance économique et sociale, qualité de la vie et protection de l'environnement.

Sur le plan économique, nous pouvons aller vers un système productif plus sobre en énergie et plus résilient, qui repose sur l'innovation et la montée en gamme des produits et des services.

En matière sociale, nous pouvons créer des emplois non délocalisables et respectueux du bien-être de chacun.

Et, bien sûr, en ce qui concerne la qualité de la vie, nous devons faire en sorte de pouvoir respirer un air moins pollué, avoir une alimentation plus saine, lutter contre la précarité énergétique...

Mais cette transition ne sera pas spontanée, il faut donc passer aux actes et accélérer le mouvement !

Pour être réussies, les transitions écologique et énergétique doivent être justes et porteuses de progrès social

La première condition de la réussite de la transition écologique, c'est la justice sociale. Ce sont des efforts partagés par tous afin de concilier développement économique et lutte contre les inégalités sociales que renforcent les inégalités environnementales dans l'accès à la mobilité, à l'alimentation et à la santé. Aucun effort ne sera accepté si nous ne construisons pas une société plus juste. Être attentif à une transition écologique juste, c'est précisément le leitmotiv du mouvement syndical européen, qui est d'ores et déjà engagé dans la lutte contre le changement climatique.

Il faut mettre les questions d'emploi et de travail au cœur de la transition énergétique. Les travailleurs ne doivent pas être des variables d'ajustement. Avec la prise en compte accrue des contraintes environnementales, de nouvelles activités vont émerger et croître, et d'autres activités existantes vont devoir se transformer, ou, à défaut, décliner et disparaître. Ces évolutions, il ne faut ni les nier ni les frei-

ner. Mais il faut les anticiper et les préparer. Chaque fois que cela est possible, évitons le gâchis de compétences qu'est la fermeture d'un site de production qui rassemble des compétences collectives et des savoir-faire qui pourraient servir pour d'autres activités.

La CFDT a expérimenté les « CV de site ». Cette démarche consiste à anticiper les difficultés et à éviter la fermeture d'un site grâce au dialogue social. Entre partenaires sociaux et pouvoirs publics, il est possible d'étudier les compétences collectives des salariés d'un site et d'identifier leur capacité à évoluer ensemble vers une activité plus porteuse économiquement. Les contrats de transition écologique peuvent aussi être un bon outil, s'ils permettent aux territoires de réaliser les mutations économiques nécessaires de façon responsable, et aux salariés d'être accompagnés et sécurisés dans leurs parcours de vie.

Ce dernier point est essentiel pour permettre à chacun de prendre part à ces évolutions. Le compte personnel de formation défendu par la CFDT va dans ce sens, car il permet de se former tout au long de la vie et d'être acteur de son propre parcours.

On parle beaucoup d'emploi, mais c'est aussi le travail qui va être transformé. Si l'on veut réduire la consommation énergétique et l'empreinte environnementale dans les entreprises et dans les administrations, nos habitudes de travail et nos compétences vont devoir évoluer. C'est l'occasion de repenser l'organisation du travail en partant de la parole des salariés. Dès lors que l'on sort d'une vision de la performance basée sur la réduction des coûts et l'épuisement des ressources naturelles, c'est le travail humain et la création collective qui sont revalorisés comme facteurs de richesse.

Plus largement, pour mieux accompagner tous les travailleurs, c'est notre système de protection sociale qu'il faut renforcer afin qu'il offre les bonnes protections face à ces nouvelles réalités.

Notre modèle social a servi de formidable amortisseur lors de la crise économique de 2008. Il laisse cependant perdurer et se creuser des inégalités et, surtout, il laisse passer trop de personnes entre les mailles du filet.

Conçu initialement pour le travail salarié, il ne protège plus une partie de la population (jeunes précarisés, *freelance*...). Les parcours professionnels sont par ailleurs de plus en plus hachés et certains cumulent plusieurs statuts professionnels. Avec la transition écologique, de nombreuses personnes devront évoluer dans leur emploi et, parfois même, en changer.

Construisons donc les protections qui leur permettront de ne pas vivre ces transitions comme des abandons, mais plutôt comme de nouvelles opportunités.

La CFDT défend depuis longtemps la nécessité de transformer notre modèle social pour qu'il protège mieux l'ensemble des actifs, et ce, quels que soient leurs statuts et leurs situations. Nous avons obtenu la création du compte personnel d'activité, un socle de droits attachés à la personne tout au long de sa vie professionnelle, et qui sont

mobilisables en fonction de ses besoins. C'est une base à étoffer.

En y ajoutant un maximum de droits, le compte personnel d'activité (CPA) peut devenir le pivot de notre nouveau modèle social. Il s'agit de protéger les personnes, et non plus seulement les emplois. Face à l'angoisse générée par des ruptures qui s'accroissent, sécuriser et protéger est une urgence sociale et démocratique.

Il ne suffit pas d'ailleurs de créer de nouveaux droits, encore faut-il que tout un chacun soit en capacité de les exercer. Chacun doit pouvoir être accompagné dans ses projets, tout en donnant la priorité aux plus fragiles. L'accompagnement global et personnalisé doit être la pierre angulaire de la sécurisation des parcours professionnels. Si l'on ne place pas la question sociale au cœur de la transition écologique, c'est sa réussite même qui sera compromise. On ne peut pas vouloir en même temps la révolution écologique et le maintien d'un conservatisme social.

Pour être réussies, ces transitions doivent être décidées et organisées démocratiquement

L'autre élément essentiel à la réussite de la transition écologique, c'est le cadre démocratique. Cette transition doit être facteur d'une émancipation à la fois individuelle et collective.

L'action publique est indispensable à tous les niveaux, au niveau européen comme au niveau local. L'État doit créer le jeu d'incitations réglementaires et fiscales qui nous mettra sur la bonne trajectoire. Il doit investir et flécher les investissements privés vers les secteurs d'avenir, ceux que nous aurons identifiés collectivement comme étant porteurs de progrès économique, social et (bien entendu) environnemental. Nous avons besoin d'une politique industrielle claire qui soit coordonnée avec la recherche, avec l'offre de formations et tous les acteurs impliqués. En matière énergétique, l'Union européenne paraît être le bon niveau de décision. La CFDT est favorable à une politique énergétique commune équitable et solidaire et à une vraie politique industrielle européenne. La transition énergétique peut être un bon levier pour relancer le projet européen.

Mais toutes ces décisions stratégiques doivent être fixées collectivement et démocratiquement, après consultation de la société. Pour les citoyens, la transition écologique est trop souvent perçue comme un concept lointain, contraignant au quotidien ou menaçant pour leur emploi. Si des mesures sont imposées sans concertation, le risque est grand que l'on aboutisse à une transition qui ne soit ni efficace sur le plan environnemental ni juste sur le plan social.

Pour que chacun puisse prendre part à ces choix stratégiques, il faut organiser une large concertation. En faisant le choix du dialogue social, de la délibération et de la participation citoyenne, les décisions seront plus équilibrées et durables, et seront donc mieux acceptées par le plus grand nombre. Plus que le résultat, c'est le processus de concertation entre tous les acteurs concernés par ces transitions nécessaires qui a justifié le soutien de la CFDT à l'Accord de Paris et à la loi de transition énergétique.

Il est important de laisser une marge de manœuvre aux acteurs de terrain (collectivités territoriales, associations, organisations syndicales...). Nous avons besoin d'un cadre national qui fixe les grands objectifs et qui en contrôle la mise en application. Mais il faut aussi laisser une place à l'expérimentation et à la construction collective de solutions. La société est porteuse de projets dynamiques et innovants bien ancrés dans les territoires. Il faut les valoriser et les amplifier. Ayons confiance en l'intelligence collective ! Un peu plus d'horizontalité et de subsidiarité ne feraient pas de mal à notre démocratie. Et l'enjeu est le même dans les entreprises.

Les entreprises les plus résilientes aux changements sont celles qui sont engagées localement et globalement, qui impliquent leurs salariés, respectent la nature et produisent de la cohésion en interne comme avec leurs autres parties prenantes. Ce sont donc celles qui ont fait de la responsabilité sociale et environnementale un axe fort de leur stratégie.

Si l'on souhaite des entreprises plus respectueuses de l'environnement et plus soucieuses du long terme, alors on ne peut pas laisser l'entière responsabilité du pouvoir entre les mains des actionnaires. La financiarisation de l'économie a en effet parfois favorisé des stratégies financières prédatrices. Il faut vite en revenir au temps long.

Pour la CFDT, une entreprise, c'est d'abord un projet partagé, un lieu de création collective. Il faut plus que jamais partir du projet industriel liant l'ensemble des parties constituantes, à savoir les salariés, leurs dirigeants et les actionnaires. Et le meilleur garant du temps long, aujourd'hui, c'est la participation des salariés à la gouvernance de leur entreprise, notamment par l'intermédiaire

des administrateurs salariés. Leur présence dans les entreprises devrait être renforcée. Si toutes les parties prenantes doivent être écoutées, les salariés peuvent, plus que tout autre, être des acteurs et des moteurs de la transition écologique.

La transformation de notre modèle de production ne se fera pas naturellement. Nous avons besoin d'une impulsion politique et de l'implication de l'ensemble des acteurs de la société. Pour concilier écologie et emploi, le syndicalisme a donc, bien entendu, son rôle à jouer. Il doit contribuer à poser les bases d'un nouveau modèle social qui soit de nature à sécuriser les transitions. Les organisations syndicales doivent également pouvoir s'investir dans le dialogue économique et social, au niveau des branches et des entreprises, pour favoriser le développement des filières d'avenir. Il ne s'agit pas de s'opposer aux décisions indispensables (telle que la baisse des subventions au charbon), mais bien plutôt de les sécuriser en exigeant, en contrepartie, un effort équivalent en matière de recherche & développement et en matière d'accompagnement des salariés.

La transition écologique sera une belle opportunité. Mais seulement si nous sommes capables de nous donner les moyens de la mettre en œuvre collectivement. Nous ne pouvons plus nous contenter de reproduire les mécanismes hérités du passé. Il est temps de valoriser ce qui compte avant tout : le travail collectif, les savoir-faire de chacun et les activités qui créent de la vraie richesse, tout à la fois économique, sociale et environnementale.

Sur ce chemin que nous devons construire, le dialogue, l'attention portée à chacun et le souci du collectif et de la justice sociale doivent être notre boussole.

Climate & Trade: Can They Be Mutually Beneficial?

By Philippe VARIN

President of ICC-France (International Chamber of Commerce)

and Claire TUTENUIT

General Delegate of Entreprises pour l'Environnement (EpE)

Globalization has contrasting effects on climate: it speeds up the spreading of new, low carbon products and services while dedicating the mobilization of worldwide economic actors to planetary effort with this end in view. Conversely, governments have given up the idea of meaningful pricing for carbon emissions of the more emitting activities in order to limit competition discrepancies in our globalized world. However, price mechanisms are also the more efficient ones in promoting low-carbon solutions. How can we reconcile environmental challenges with the economic growth provided by free-trade?

From their inception, the International Chamber of Commerce (ICC), as well as its French national committee ICC-France, have been constant advocates of more open trade, given all the benefits free trade has brought about, boosting prosperity across the world in the past 30 years. During this expansion, the trade community has considered that even though the consequences of freer trade on the environment had to be taken into consideration, they were not important enough to stop the movement towards freer trade. The CETA agreement is a good example where climate is mentioned in a treaty, but only to say that bilateral consultations could be open should any problem arise.

In the context of climate urgency – that the summer of 2017 has brought again in the front news – it is high time to ask ourselves if this is sufficient, and if trade can be more positively contributive to the fight against climate change and to the world decarbonation along the emissions trajectory set by the Paris Agreement: trade cannot succeed around a planet that fails.

The effects of free trade on climate are indeed ambivalent:

- On the positive side, free trade accelerates the dissemination of the low-carbon solutions across the world, and the Environmental Goods and Services (EGAS) agreement negotiation is a positive track, if not easy, for trade to contribute to decarbonation.
- On the negative side, trade is creating growth and as such (as long as growth is not decoupled from emissions) it is increasing emissions; in addition, this growth is based on more goods transportation and increases the use of transportation fuel and associated emissions: the International Maritime Organization (IMO) expects

emissions from maritime transportation to reach close to 1,5 billion teqCO_2 by 2020, equivalent to 3% of global emissions.

This is well-known. What is less understood is the indirect impact trade has on climate policies, and in particular on carbon pricing policies.

Carbon pricing policies are key if the world is indeed keen on implementing the Paris Agreement. All economists agree on this, even if the ways to create such price (carbon tax, cap and trade, bonus/malus, carbon dividend...) differ from one to another. The purpose of such carbon pricing is to make low-carbon solutions more competitive and to progressively take high-carbon solutions out of the markets; it is also to avoid rebound effects that increased energy efficiency usually tends to create. In all cases, carbon pricing is the result of a political decision by a government or by other policy-makers (European Union, California...); voluntary carbon pricing by business has been tried, but has so far failed to produce results at the level needed – at best, it is a good preparation for a real carbon pricing mechanism. Numerous studies provide ample solid evidence of the above.

This is why the Business Climate Summit of May 2015 has called, in its conclusive messages, for “*Clear, effective and predictable carbon pricing mechanisms and complementary economic signals to achieve global net emission reductions at the least economic costs*”⁽¹⁾.

(1) Business Climate Summit 2015 conclusive messages: <http://www.businessclimatesummit.com/conclusive-messages/>

Because of its political nature, however, carbon pricing is created in a very heterogeneous manner across the world: about 13% of emissions only are covered by pricing mechanisms, prices vary from 1 to 15 \$/teqCO₂, some emissions are covered meanwhile others are not. In some sectors, this diversity is likely to create real competition distortions: 100 \$/teqCO₂ would lead to an extra-cost of 200 \$/t steel, to be compared with a current international market price of 600 \$/t: no wonder no steel is submitted to such a carbon price!

**Business Climate Summit
conclusive messages May 2015
#2 – Carbon pricing**

Clear, effective and predictable carbon pricing mechanisms and complementary economic signals to achieve global net emission reductions at the least economic costs. Such mechanisms should be carefully designed and implemented to reduce competitive distortions in the most sensitive sectors.

The elimination of fossil fuel subsidies to redirect consumption to low carbon options.

Source: <http://www.businessclimatesummit.com/conclusive-messages/>

This is why the Business Climate Summit of May 2015 immediately added a sentence to the above recommendation: *Such mechanisms should be carefully designed and implemented to reduce competitive distortions in the most sensitive sectors.*

But no one has so far managed to design such a mechanism in a way that would be compatible with the current state of international trade agreements and the World Trade Organization (WTO) treaty.

This is it: the result of the distortion risk is that there is no carbon price of significance imposed on any ton of steel, or cement, or chemicals, or on refining... in the whole world. The EU Emission Trading Scheme (ETS) or the Californian market are giving free allowances to industries proportionate to their exposure to international competition. Other markets like China's have so far had low enough carbon prices for them not to create any significant distortion.

An obvious solution would be a border mechanism, by which imports should bear the same level of carbon price as locally manufactured products do. But so far, it has not been considered politically feasible by the international trade community in which many still seem to consider that such mechanisms would be obstacles to free trade, and therefore fear retaliation or WTO rulings against such border mechanisms.

Yet in the absence of such mechanism, the result is a very low carbon price on competition-sensitive goods, considered today too low for solutions like carbon capture storage or reuse to deserve more than R&D investment - or for new materials to merge as economical solutions. Even circular economy is today hampered by the absence of significant carbon pricing on emissions.

The question has remained open for many years now, and this for institutional reasons:

- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) is based on national agreement, and international trade is outside its scope (as are ICAO [International Civil Aviation Organization], IMO...); it is currently working on article 6 of the Paris Agreement which could create a minimum price in the world, but not resolve the above question and allow for meaningful carbon prices in some economies;
- WTO has no mandate to take care of climate, especially in the absence of a formal demand from its members, even if the Marrakech agreement which established WTO mentions explicitly the objective of sustainable development and the need to protect the environment⁽²⁾.

The result is worrisome. Carbon pricing is not picking up where it would be needed for low-carbon solutions to emerge and substitute high-emissions solutions. It is time to change something here, and this feeling is now widely shared. The Carbon Pricing Leadership Coalition is for example a public-private forum where carbon prices convergence across the world is demanded by industrial actors, simultaneously with carbon prices general increase.

Individual negotiations between one actor and its trade partners are of course technically possible, but they hardly tackle the issue. It would for example be long and difficult to renegotiate existing trade agreements if the European Union decided of a common floor carbon price across its territory, as promoted by the French President; still this would be required for such trade agreements (including CETA) to integrate the climate constraint and avoid the adverse consequences of such floor price on industry. A global solution would be much more preferable.

The G20 forum is a possible place to discuss the issue, as recommended by the B20 in the preparation for the 2017 G20 meeting in Hamburg. G20 could be a first instance before WTO. The preparation of the German G20 meeting in Berlin, July 2017, has been the occasion of international dialogue by the Energy, Climate and Resource Efficiency (ECRE) task-force of the B20 formed between business representatives from all sectors of the economy and all G20 countries. ICC has been a major actor of this thinking process, based on the positions prepared for COP22 in 2016⁽³⁾, even if the 2017 governmental discussion has not gone so far as to address the topic.

It is because the Paris Agreement on Climate Change was made in Paris that French actors are especially careful that it leads to real results. In the Business Climate Summits, for example, French business leaders are present to show commitment and strategic vision, including on this subject.

(2) Marrakech agreement: https://www.wto.org/french/docs_f/legal_f/04-wto_f.htm

(3) See ICC Business positions on climate, and in particular on carbon pricing: https://www.xing-events.com/eventResources/T/H/xZ9Tn2nIJ5XWuw/A5-ICC_Carbon_Pricing_Principles.pdf

B20 recommendations to G20

“Recommendation10: Curtailing Climate Change

The G20 should curtail climate change by implementing the Paris Agreement, developing consistent and robust carbon pricing, as well as by fostering green finance.”

Detailed recommendations of the B20 Energy, Climate & Resource Efficiency (ECRE) Taskforce

Policy Action 1.1: Implement the Paris Agreement [...]

Policy Action 1.2: Drive Carbon Pricing – The G20 should establish an intergovernmental G20 Carbon Pricing Platform as a forum for strategic dialogue to create a basis for global GHG emissions pricing mechanisms, and to phase-out inefficient fossil fuel subsidies, using its revenues to finance an energy transition that benefits all.

- The G20 should use the G20 Carbon Pricing Platform to coordinate the support for the UNFCCC work on Article 6 of the Paris Agreement, with the aim of establishing operational rules and modalities for international carbon pricing mechanisms by 2019.
- Within this platform, the G20 should coordinate the phase out of inefficient fossil fuel subsidies by agreeing on a time line and commissioning an international organization with rationalizing subsidy data, monitoring and progress reporting.
- The G20 should use this platform to share best practices for the use of revenues from carbon pricing and for the re-direction of fossil fuel subsidies. In such, they should address the risk of carbon leakage and aim to ensure an energy transition that benefits all.

Source: https://www.b20germany.org/fileadmin/user_upload/documents/B20/b20-summary-doc-en.pdf

Based on a proposal made by the ICC French national committee (ICC-France) jointly with Entreprises pour l'Environnement (EpE), an initiative is under consideration at

ICC global level to request the WTO executive team to propose avenues to get out of a situation which is putting us all at risk of not reaching the 2°C trajectory.

Une analyse des grandes visions prospectives internationales sur le devenir de l'environnement : l'étude ScénEnvi

Par Christophe DIDIER, Ineris, Nicolas de MENTHIÈRE, Irstea, Denis LACROIX, Ifremer, Bertrand SCHMITT, INRA, Audrey BÉTHINGER, INRA, Louis LAURENT, Anses, Bernard DAVID, CEA, Jacques PARENT DU CHÂTELET, Météo-France, Flora PÉLEGRIN, FRB, Pascale HÉNAUT, Irstea, Morgane LE GALL, Ifremer, Marie-Hélène PÉPIN, Météo-France, et Isabelle PRADAUD, Ineris

Pour contribuer à la programmation scientifique française dans le domaine des sciences de l'environnement, une étude des grandes visions de prospective à travers le monde sur les devenirs possibles de l'environnement a été entreprise dans le cadre de l'Alliance AllEnvi. Plus de 300 scénarios ont été analysés, révélant la prédominance de la gouvernance et de l'économie comme facteurs différenciant ces scénarios. La démarche a défini 11 familles de scénarios regroupant les différentes tendances qui se structurent en 3 groupes : le déclin, l'absence de priorité environnementale et la priorité accordée à l'environnement. Si les deux premiers groupes correspondent à des dégradations plus ou moins sévères de l'environnement, le troisième conduit à des résultats plutôt encourageants, même si certaines orientations s'avèrent *in fine* peu efficaces. Une analyse détaillée de la démarche déployée et des résultats obtenus est proposée ici en apportant une attention particulière aux facteurs « Environnement » et « Sciences et Technologie », qui sont structurants pour les missions d'AllEnvi.

Introduction

Contexte et objectifs de l'étude

Le devenir de l'environnement et ses conséquences sur l'avenir de la planète constituent désormais l'une des principales préoccupations tant des instances gouvernementales que des citoyens (GODARD, 2015 ; GENDRON et VAILLANCOURT, 2003). C'est sur cette délicate problématique que le groupe transversal Prospective de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) a été missionné par le conseil et le comité de pilotage scientifique de l'Alliance. L'objectif principal qui lui a été assigné était d'identifier les principales tendances émergentes de visions prospectives intégrant le paramètre « devenir de l'état de l'environnement » (ALCAMO, 2009 ; BEZOLD, 2010). Ces tendances devaient éclairer l'Alliance dans son rôle de contributeur à la programmation scientifique dans le domaine des sciences de l'environnement.

La démarche qui a été mise en œuvre est innovante, et ce, à plusieurs titres. Elle l'a été tout d'abord de par ses dimensions spatiales (échelles mondiale ou continentale) et temporelles (court, moyen et long termes) très étendues. Surtout, elle se différencie de la plupart des études de prospective en ceci qu'elle n'a pas consisté à construire des scénarios spécifiques à une question donnée, mais qu'elle s'est attachée à extraire de l'analyse du très grand nombre des scénarios disponibles des éléments structurants concernant le rôle et l'importance de l'état de l'environnement pour les évolutions globales de la planète et de ses habitants. L'absence d'approche similaire disponible dans la littérature a largement contribué au choix de ce sujet d'étude confié au groupe.

L'intérêt du recours à la prospective

Dans le domaine des sciences de l'environnement, comme dans bien d'autres domaines, la programmation scientifique requiert de discerner les évolutions ou les transfor-

<p>12 membres fondateurs</p> <table border="0"> <tr><td>BRGM</td><td>Ifsttar</td></tr> <tr><td>CEA</td><td>Inra</td></tr> <tr><td>Cirad</td><td>IRD</td></tr> <tr><td>CNRS</td><td>Irstea</td></tr> <tr><td>CPU</td><td>Météo France</td></tr> <tr><td>Ifremer</td><td>MNHN</td></tr> </table>	BRGM	Ifsttar	CEA	Inra	Cirad	IRD	CNRS	Irstea	CPU	Météo France	Ifremer	MNHN	<p>16 membres associés</p> <table border="0"> <tr><td>Andra</td><td>IFPEN</td></tr> <tr><td>Anses</td><td>IGN</td></tr> <tr><td>CDEFI</td><td>Ineris</td></tr> <tr><td>Cerema</td><td>Inria</td></tr> <tr><td>CGE</td><td>Ipev</td></tr> <tr><td>Cnes</td><td>IRSN</td></tr> <tr><td>FRB</td><td>LNE</td></tr> <tr><td>IAVFF</td><td>Shom</td></tr> </table>	Andra	IFPEN	Anses	IGN	CDEFI	Ineris	Cerema	Inria	CGE	Ipev	Cnes	IRSN	FRB	LNE	IAVFF	Shom
BRGM	Ifsttar																												
CEA	Inra																												
Cirad	IRD																												
CNRS	Irstea																												
CPU	Météo France																												
Ifremer	MNHN																												
Andra	IFPEN																												
Anses	IGN																												
CDEFI	Ineris																												
Cerema	Inria																												
CGE	Ipev																												
Cnes	IRSN																												
FRB	LNE																												
IAVFF	Shom																												
<p>13 groupes thématiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agroécologie et sol • Aliments et alimentation • Animaux dans leur milieu • Biodiversité • Biologie des plantes • Climat : évolution, adaptation, atténuation, impacts • Sciences de l'eau • Évaluation environnementale et cycles de vie • Écotecnologies et chimie durable • Sciences de la mer et ressources marines • Risques environnementaux, naturels et écotoxiques • Territoires et ressources naturelles • Villes et mobilités 		<p>Une communauté de 20 000 scientifiques et ingénieurs</p> <p>550 experts mobilisés</p>																											
<p>5 grandes missions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Animer la communauté • Participer aux temps forts internationaux • Orienter l'action des décideurs • Programmer la recherche • Coordonner les infrastructures et la valorisation 		<p>5 groupes transversaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infrastructures de recherche • Valorisation, et le Consortium de valorisation thématique • Europe, international et Sud • Prospectives • Communication 																											

Les enjeux environnementaux sont au cœur des grands défis que nos sociétés ont à relever. Ainsi, on les retrouve dans 5 défis H2020 de l'Union européenne et dans 9 objectifs de développement durable de l'ONU.

<p>Nourrir 9 milliards d'êtres humains à l'horizon 2050</p>	<p>Faire face aux changements climatiques et à l'érosion de la biodiversité</p>	<p>Garantir l'accès à l'eau, en qualité et en quantité, au plan mondial</p>	<p>Défendre l'impératif de qualité environnementale de nos territoires</p>
--	--	--	---

© ALLENI

www.allenvi.fr



Suivez-nous sur



YouTube

Plaquette éditée par l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi).

« Le devenir de l'environnement et ses conséquences sur l'avenir de la planète constituent désormais l'une des principales préoccupations tant des instances gouvernantes que des citoyens. C'est sur cette délicate problématique que le groupe transversal Prospective de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) a été missionné par le conseil et le comité de pilotage scientifique de l'Alliance. »

mations susceptibles de survenir dans un avenir plus ou moins lointain, et d'identifier les pistes de recherche afférentes. En anticipant ainsi les besoins associés en termes de connaissances scientifiques et techniques, il est possible de définir des priorités de recherche pour pouvoir accompagner au mieux la société dans ses mutations.

La prospective constitue un atout pour stimuler la capacité des experts à se projeter dans le futur. Le risque est alors moins grand de se limiter à privilégier la continuité des thèmes de recherche « en cours ». La prospective vise à préparer, dès aujourd'hui, ce que pourraient être les réalités de demain. L'un de ses principaux intérêts consiste à élargir « le champ des possibles » en fournissant un cadre méthodologique rationnel favorable à l'élaboration de gammes contrastées de scénarios susceptibles de décrire un ensemble de « futurs envisageables » (JOUVENEL, 2004).

En cela, les acteurs impliqués dans les travaux de prospective ne sont pas des devins ou des oracles appelés à « prédire l'avenir ». Ils travaillent en étroite collaboration avec des experts spécialistes de différents domaines pour construire des gammes de scénarios envisageables, plus ou moins novateurs ou audacieux, qui visent à décrire un panel varié d'avenirs possibles.

La prospective est dès lors souvent mise à profit comme technique d'aide à la prise de décision stratégique (MIETZNER et REGER, 2005 ; HAVAS *et al.*, 2010 ; COOK *et al.*, 2014). Elle peut en effet contribuer à analyser les conséquences possibles d'une décision ou à construire une décision initiant des scénarios jugés « enviables », sélectionnés au sein d'un panel de scénarios préalablement construits (ERIKSSON et WEBER, 2008 ; MEISNER et WULFF, 2013 ; VECCHIATO, 2012).

Constitution et traitement du corpus documentaire

La démarche adoptée et la constitution du corpus

L'identification de grandes familles de scénarios d'évolution de l'environnement s'est appuyée sur une méthode inspirée des revues systématiques développées notamment dans le domaine biomédical et dans celui des sciences de l'environnement (BILOTTA *et al.*, 2014 ; HIGGHINS et GREEN, 2011). L'étude s'est déroulée en quatre temps :

- constitution d'un corpus bibliographique répondant aux objectifs de l'étude,
- dépouillement de ce corpus afin de disposer de fiches de synthèse par étude et par scénario,
- analyse et traitement des fiches ainsi constituées en vue d'identifier des déterminants majeurs de chacun des scénarios et de repérer quelques familles génériques de scénarios,
- identification des principaux leviers susceptibles d'orienter les choix de société vers des évolutions « enviables » ou d'éviter des tendances catastrophiques (AllEnvi, 2016).

Le corpus bibliographique est constitué d'études prospectives récentes (de moins de 15 ans) ayant pro-

duit un ou plusieurs scénarios aux horizons 2030, 2050 et 2100 (approches court, moyen et long termes) couvrant des échelles spatiales importantes et portant, au moins pour partie, sur l'état de l'environnement (BISHOP *et al.*, 2007). Toutes les études n'ont pas été couvertes, les langues de publication ayant été limitées au français et à l'anglais et, à un degré moindre, à l'espagnol.

Un ensemble de 204 références a ainsi émergé des différentes sources consultées (bases de données, sites dédiés, sommaires de revues spécialisées...). Une première analyse a ensuite permis de converger vers une sélection de 99 références⁽¹⁾ jugées les plus appropriées par rapport aux attendus de l'étude (place de l'environnement, représentativité, suppression des doublons). Ces 99 études (représentant plus de 12 000 pages !) proposent 307 scénarios dont l'élaboration a mobilisé plus de 7 500 experts et représentants de parties prenantes d'une quarantaine de pays.

Malgré l'attention portée à la constitution du corpus, celui-ci comporte quelques biais, qu'il convient de pointer en amont de la phase d'analyse. Ainsi, si les échelles de temps des scénarios sont convenablement réparties (bien que l'horizon le plus lointain soit moins représenté : ratio 40 % - 40 % - 20 %), il y a malgré des tentatives d'élargissement géographique, un déficit d'études spécifique à quelques grandes régions du monde (notamment l'Afrique et l'Asie), cette catégorie ne représentant que 25 % de l'ensemble. Par ailleurs, près de 80 % des études du corpus ont été conduites par des institutions publiques (contre seulement 10 % par des acteurs privés et 10 % par des organismes non gouvernementaux), très majoritairement occidentales (Europe ou Amérique du Nord).

Si la démarche de revue systématique permet de balayer un grand nombre de visions pour en faire émerger des tendances globales, chaque étude présente nécessairement une part de subjectivité, car elle s'appuie sur des approches qui dépendent de ses objectifs, et donc de son commanditaire. On gardera donc en mémoire que les études rassemblées dans le présent corpus « racontent une histoire du futur » empreinte de culture occidentale et publique. Par ailleurs, on peut légitimement supposer que les commanditaires de ces travaux (gouvernements ou institutions publiques) en attendaient des éléments leur permettant d'appuyer leurs orientations stratégiques. Dès lors, il est logique (comme nous le verrons plus loin) que les aspects « gestion/gouvernance » soient mis en avant au détriment d'autres facteurs se situant moins au cœur des préoccupations directes des commanditaires.

Enfin, on notera que, du fait des critères de constitution du corpus en termes d'échelle spatiale et de langue, l'analyse menée ne prend que peu en compte les échelles locales ou, pour le moins, infranationales.

(1) La liste des études figure dans le rapport final de l'étude (volume 1) consultable sur le site Internet d'AllEnvi.

N° de scénario	Démographie										Environnement		Gouvernance			Économie			Société			Technologie			
	Evolution de la population			Vieillessement.			Urbanisation				Climat		G1			Croissance Éco.			S1			T1			
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	...	H1	...	H1	...	...	H1	H2	H3	...	H1	...	...	H1	...	...
S1-1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	...	1	...	0	...	...	1	0	0	...	0	...	...	1	...	...
S1-2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	...	0	...	1	...	...	0	0	0	...	1	...	...	0	...	...
....
S2-1	0	1							1	....	0	....	1	....	....	0	1	0	....	0	....	....	1	....	....
....

Tableau 1 : Exemple de codification des scénarios selon la grille DEGEST.

La méthode d'analyse des scénarios

Les études collectées ont été analysées par les membres du groupe de travail et chacune d'elles a fait l'objet d'une fiche de synthèse qui se décompose en deux parties.

La partie « fiche prospective » s'attache à décrire, par étude, les caractéristiques générales de la démarche, notamment la robustesse, la portée et l'originalité de la méthode mise en œuvre. La partie « fiche scénario » vise à résumer les « histoires racontées » par chaque scénario de l'étude. Par étude, il y a donc autant de fiches que de scénarios. Ces fiches identifient notamment les notions de « facteurs moteurs » et de « variables de sortie » essentielles pour la suite de l'analyse. Ces dernières traduisent les éléments majeurs (subis ou volontaires) qui expliquent les orientations prises par les acteurs pour aboutir au scénario considéré (facteurs moteurs) et les changements induits par le déploiement de ce scénario particulier (variables de sortie).

Pour harmoniser les fiches et faciliter l'analyse des 307 fiches scénarios ainsi élaborées, les facteurs moteurs ont été réduits à 6 catégories prédéfinies suivant le principe de la grille DEGEST proposée par Cornish (2004), DEGEST étant l'acronyme des six concepts intégrateurs, qui sont fondamentaux dans les travaux de prospective, à savoir : Démographie, Environnement, Gouvernance, Économie, Société et Technologies. Une structure plus fine a également été définie à l'intérieur de ces 6 grandes catégories. On parle alors de « traits distinctifs ».

À titre d'exemple, le facteur Démographie regroupe plusieurs traits comme l'« évolution de la population », le « vieillissement » ou les « migrations ». Enfin, chacun des traits ainsi définis peut, à son tour, en fonction du scénario, se voir attribuer une valeur ou une tendance (qui parfois peuvent être très éloignées les unes des autres). On appelle « modalités » ces valeurs ou hypothèses permettant de renseigner les « traits » des différents « facteurs ». Pour poursuivre avec l'exemple précédent, le trait « évolution de la population » du facteur Démographie peut prendre différentes modalités (forte croissance, croissance modérée, stagnation) suivant la nature des scénarios étudiés.

Ces trois niveaux d'analyse (facteurs, traits, modalités) permettent une caractérisation fine des éléments mentionnés dans les différents scénarios au travers d'une structure simple et homogène, qui offre toutefois un éventail des possibles très large. En effet, si, à des fins d'homogénéisation et de simplification, la liste des facteurs a été limitée aux 6 facteurs de la grille DEGEST, celles des traits et des modalités ont été progressivement enrichies par les membres de l'équipe au fur et à mesure du dépouillement des scénarios, et ce, afin de tracer au mieux la diversité des analyses.

L'application systématique de la démarche à l'ensemble des scénarios a ainsi permis d'effectuer un « codage » de chacun d'entre eux (voir le Tableau 1 ci-dessus). La base de données ainsi constituée s'est avérée essentielle pour les analyses statistiques et les analyses de tendances qui seront présentées *infra*.

Construction et élaboration des familles de scénarios

La structuration des fiches de scénarios

L'analyse des 307 scénarios a constitué l'élément clé pour l'identification de grandes familles de scénarios décrivant des visions cohérentes du futur de l'environnement. Pour chaque scénario, parmi les facteurs moteurs identifiés lors de l'élaboration de la fiche, les deux jugés les plus importants ont été définis et hiérarchisés. Ainsi, les 307 scénarios ont pu être répartis au sein d'une matrice « DEGEST x DEGEST », étant placés dans la case correspondant à l'intersection de leur premier facteur moteur (le plus prépondérant des deux), en ligne, et de leur deuxième facteur moteur, en colonne (les scénarios ne présentant qu'un seul facteur principal ont été, quant à eux, positionnés sur la diagonale).

Le Tableau 2 de la page suivante présente le nombre des scénarios présents dans chacune des cases de la matrice ainsi constituée, avec, dans la colonne de droite, la distribution des scénarios suivant leur facteur moteur principal et, dans la ligne inférieure, la répartition des scénarios selon leur deuxième facteur moteur.

Le facteur Gouvernance est celui qui influe le plus fréquemment sur la construction des scénarios. Dans près de 70 % des scénarios analysés, il est considéré comme le premier facteur moteur (dans environ 40 % des scénarios) ou le deuxième (dans environ 30 %).

L'« Économie » s'avère être le second facteur par ordre de fréquence (près de 50 % des scénarios) : il se répartit de manière homogène entre premier et deuxième facteurs moteurs (environ 25 %). Les facteurs Société et Environ-

Facteur n° 2 Facteur n° 1	Démographie	Environnement	Gouvernance	Économie	Société	Techno & Science	Total 1
Démographie			4	6	1	1	12
Environnement		4	18	8	8	2	40
Gouvernance		13	12	48	37	15	125
Économie	3	11	37	3	10	12	76
Société	1	3	24	10		5	43
Techno & Science		1	2	2	6		11
Total 2	4	32	97	77	62	35	307

Tableau 2 : Répartition des 307 scénarios selon leurs deux premiers facteurs moteurs.

nement s'avèrent assez similaires en termes de premier facteur moteur (près de 15 %), le premier (« Société ») étant en revanche nettement plus représenté que le second en tant que deuxième facteur majeur. Viennent enfin la « Technologie et la Science » ainsi que la « Démographie », qui, dans les deux cas, n'apparaissent en tant que facteurs moteurs principaux que dans moins de 5 % des scénarios.

Les visions prospectives laissent donc à penser que ce sont principalement les orientations politiques globales et les paramètres économiques qui contribueront à influencer sur le choix des scénarios appelés à se matérialiser. En revanche, l'état de l'environnement ne suffit que rarement, à lui seul, à insuffler des changements de cap prononcés. De même, la Technologie et la Science ne fournissent qu'exceptionnellement des « opportunités de rupture » qui soient de nature à faire basculer des choix de société.

L'élaboration des familles de scénarios

La coexistence de deux scénarios dans une seule et même case du Tableau 2 ci-dessus signifie qu'ils présentent les mêmes facteurs moteurs principaux. On peut donc faire l'hypothèse que les cases contiennent des ensembles de scénarios proches. Toutefois, cela ne signifie en rien que tous les scénarios d'une case portent des visions identiques du futur. Ainsi, deux scénarios ayant pour facteur moteur la « Gouvernance » peuvent être très différents, pour peu que les options de gouvernance qu'ils sous-tendent soient divergentes, notamment sur la prise en compte de l'environnement. Par ailleurs, des scénarios occupant des cases symétriques (par exemple, les cases Gouvernance x Société et Société x Gouvernance) peuvent être très proches, leur seule différence étant la façon dont la narration insiste sur le rôle de chacun de ces deux facteurs.

Dès lors, la décision a été prise d'analyser les scénarios contenus dans les couples de cases symétriques du Tableau 2 ci-dessus. L'objectif a consisté à faire émerger des « tribus de scénarios » rassemblés du fait de la similarité/ressemblance de leurs traits et modalités respectifs (d'entrée et de sortie), c'est-à-dire des tribus associées à des visions cohérentes du futur.

Grâce à cette première approche, 44 tribus ont été constituées à partir de l'ensemble des cases du tableau considé-

ré. Il s'est avéré que certaines de ces tribus, bien qu'ayant émergé de cases radicalement différentes, racontaient des histoires proches les unes des autres. Cela a entraîné un rapprochement de certaines tribus en 11 « familles » intégratrices, chacune regroupant entre 15 et 50 scénarios. Seuls 3 scénarios « mutants » (sur 307), finalement écartés, n'ont pu être intégrés dans aucune des familles, sans pour autant présenter une vision suffisamment cohérente pour pouvoir constituer une famille spécifique.

Une représentation graphique de la nature de ces familles est proposée dans la Figure 1 ci-dessous. Elle se structure autour d'un axe des abscisses représentant l'« intensité de la gouvernance étatique » et d'un axe des ordonnées dédié à la thématique prioritaire d'AllEnvi (« qualité globale de l'environnement »). Les ellipses sont tracées de façon à ce que leur surface soit représentative du nombre de scénarios que regroupe la famille correspondante.

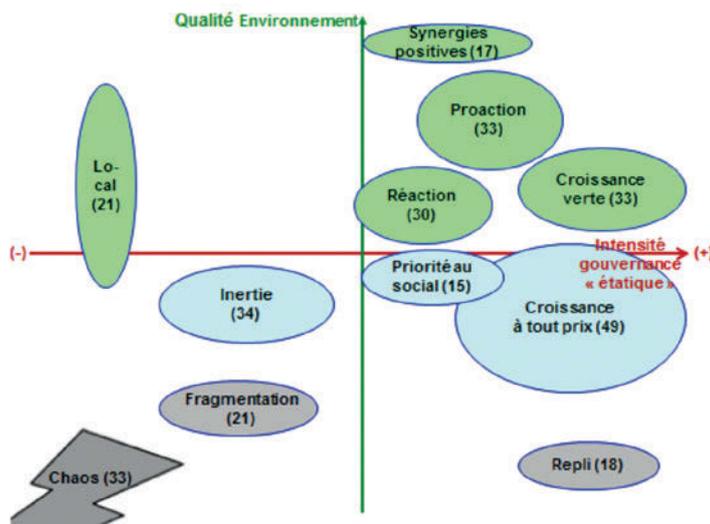


Figure 1 : Positionnement des onze familles regroupées en trois grands types de trajectoire sur le jeu d'axes « Qualité de l'environnement » et « Intensité de la gouvernance étatique ».

Ainsi, les quadrants, situés sur la droite, abritent des familles pour lesquelles les politiques publiques sont insufflées, de manière plutôt volontariste, par des gouver-

nements centralisés. À l'inverse, ceux figurant à gauche traduisent plutôt une gouvernance étatique fragile, voire absente, potentiellement remplacée par des initiatives locales, voire par des situations de vacance de pouvoir institutionnalisées. De même, les quadrants du haut regroupent les scénarios qui dépeignent plutôt une amélioration globale de l'état de l'environnement, alors que ceux du bas traduisent, pour leur part, une dégradation de ce dernier.

Les couleurs de la Figure 1 de la page précédente illustrent un regroupement des familles en 3 grands types de « trajectoires » : les familles du déclin, les familles sans priorité pour l'environnement et, enfin, les familles avec priorité pour l'environnement.

Essai de récit de familles aux trajectoires contrastées

Nous proposons dans ce qui suit le récit très simplifié des histoires du futur qui sont relatées au sein des 11 familles identifiées et regroupées dans les 3 grandes trajectoires précisées plus haut.

Les familles du déclin (72 scénarios, soit 24 % du total). Les 3 familles concernées conduisent toutes à des futurs sombres marqués par des tensions extrêmes entre pays et/ou blocs de pays et par la multiplication de conflits régionaux, voire de conflits généralisés. Elles se situent systématiquement dans les quadrants inférieurs de la Figure 1, car elles entraînent toutes de graves conséquences pour l'environnement. Ces 3 familles sont :

- Le chaos (33 scénarios) : la défaillance et le manque d'anticipation de la gouvernance entraînent le monde vers des spirales de synergies négatives générant des conflits plus ou moins généralisés, qui peuvent, à l'extrême, amener jusqu'à l'extinction de l'humanité ! ;
- Le repli (18 scénarios) : face aux difficultés économiques, aux compétitions pour les ressources et aux migrations de population, la montée des nationalismes exacerbe les conflits et engendre des séries de replis nationaux dans un contexte global d'isolationnisme politique et économique ;
- La fragmentation (21 scénarios) : les égoïsmes individuels et collectifs construisent un monde multipolaire et inégalitaire traversé de lignes de fractures et de fortes tensions. Les mondes duaux « Nord-Sud » ou « Riches-Pauvres » peuvent en constituer des exemples parlants.

Les familles sans priorité pour l'environnement (98 scénarios, soit 32 % du total). Les trois familles correspondantes se caractérisent par l'absence de prise en compte du long terme (notamment des risques de dégradation de l'environnement) dans les choix de société. Elles se répartissent de part et d'autre de l'origine de l'axe des ordonnées, mais globalement dans sa partie basse, car, quels que soient les modes de gouvernance (autoritaires ou attentistes), les conséquences sur l'environnement sont défavorables, même si la poursuite d'autres objectifs (sociaux, économiques) peut parfois contribuer indirectement à des améliorations. À titre d'exemple, le développement des énergies renouvelables à des fins de réduction de la dépendance énergétique de certains États contribue à réduire l'empreinte carbone et la pollution atmosphérique (un bénéfice indirect qui n'est pas forcément recherché spécifiquement).

Les 3 familles considérées sont :

- L'inertie (34 scénarios) : le maintien passif de tendances « molles », sans rupture, et l'absence d'engagement fort pour l'environnement, soit par manque de moyens financiers, soit du fait de blocages politiques et sociétaux majeurs, conduisent à un constat d'impuissance susceptible d'avoir des conséquences environnementales potentiellement graves ;
- La croissance à tout prix (49 scénarios) : l'environnement est sacrifié à la croissance économique. Celle-ci s'appuie soit sur un libéralisme économique porté par un État fort ou par des politiques actives de dérégulation, soit sur une politique d'innovations rapidement rentables ;
- La priorité donnée aux dimensions sociales (15 scénarios) : le premier objectif de gouvernance est la réduction des inégalités sociales par la mise en œuvre de politiques d'inclusion, de redistribution et d'éducation. Ces investissements sociaux peuvent, à terme, induire des effets positifs sur l'environnement, sans que ceux-ci aient été considérés initialement comme prioritaires.

Les familles affichant une priorité pour l'environnement (134 scénarios, soit 44 %). Ces cinq familles « volontaristes » se situent pour l'essentiel dans le quadrant supérieur droit de la Figure 1 de la page précédente, à l'exception de la famille Local, qui se trouve isolée vers la gauche, car elle incarne une gouvernance étatique minimale. Ces familles rassemblent le plus grand nombre de scénarios sans toutefois en constituer la majorité.

- La réaction (30 scénarios) : les catastrophes ou les crises ont provoqué une prise de conscience par les gouvernants de l'urgence à agir pour l'environnement : il n'y a alors plus d'autre choix ;
- Le local (21 scénarios) : face à la défaillance des niveaux de gouvernance nationaux ou supranationaux ou à la défiance envers ceux-ci, les citoyens s'organisent pour agir pour l'environnement à leur niveau en s'appuyant sur des dynamiques locales... avec plus ou moins de succès ! ;
- Vers une « croissance verte » (33 scénarios) : des politiques publiques fortes visent à concilier croissance économique et préservation de l'environnement, au travers notamment du déploiement de la transition énergétique. La mise en place d'une gouvernance mondiale éclairée pour l'environnement peut même être envisagée ;
- La pro-action (33 scénarios) : les États anticipent, se concertent et agissent pour l'environnement. Les citoyens, de mieux en mieux éduqués et informés, approuvent et accompagnent ces orientations. Les courbes du bien-être général et de la consommation s'en retrouvent durablement décorréliées ;
- Les synergies positives (17 scénarios) : le consensus social en faveur de l'environnement et des enjeux globaux de long terme conduit au changement de valeurs et à des modes de vie plus sobres et solidaires.

Le rôle de l'environnement et de la science dans les familles de scénarios

Au regard des missions et des centres d'intérêt de l'Alliance AllEnvi (aide à la programmation de la recherche

Famille de scénarios	Nombre de scénarios ayant au moins un trait de sortie environnementale (impact)		
	Positif	Mitigé	Négatif
Chaos	2	4	18
Repli	1	3	5
Fragmentation	2	4	9
Inertie		3	24
Croissance à tout prix	7	5	31
Priorité au social	4		5
Réaction	7	10	7
Local	5	5	2
Croissance verte	15	9	2
Proaction	13	7	
Synergies positives	7	3	
Total	63	53	103

Tableau 3 : Répartition des scénarios selon leurs impacts sur l'environnement.

dans le domaine des sciences de l'environnement), la place et le rôle des facteurs Environnement et Technologie et Science ont été plus particulièrement analysés. Une évaluation attentive des traits et modalités a été mise en œuvre sur l'ensemble des scénarios à la fois dans leurs dimensions d'« entrée » (rôle de ces paramètres dans la définition et le déploiement des scénarios) et de « sortie » (conséquences des scénarios sur le devenir de ces paramètres).

Rôle et place de l'environnement dans les familles de scénarios

L'environnement comme facteur moteur

Le facteur Environnement apparaît comme l'un des deux principaux facteurs moteurs dans un peu moins d'un quart des scénarios (et comme facteur numéro 1 dans 13 % des cas). L'état de l'environnement n'est donc que relativement peu influent sur les évolutions qui conditionneront les orientations sociétales futures. Parmi les traits relevés de ce facteur moteur, deux sont très largement prépondérants : le changement climatique (cité dans 50 scénarios) et l'état général de l'environnement (cité dans 46 scénarios).

En ce qui concerne ces deux traits, les modalités envisagées sont quasi systématiquement défavorables (forte élévation des températures, crises environnementales majeures traduisant des crises récurrentes ou généralisées). Ces données d'entrée impulsent principalement trois types de trajectoires résolument différentes : le chaos, l'inaction et la réaction. En d'autres termes, dès lors qu'une dégradation sévère de l'environnement est initiée, soit il est déjà trop tard pour entreprendre des réformes salvatrices et la situation se dégrade irrémédiablement dans une spirale négative du type « sauve qui peut ! » (chaos), soit les gouvernements désemparés restent sans réaction au regard de l'extrême difficulté de la tâche (inaction, avec

risque d'évolution vers le chaos), soit des mesures fortes de recadrage sont mises en œuvre, car il n'y a plus d'autre choix (réaction). Les familles pro-action, croissance verte ou synergies positives ne sont, en revanche, que très rarement associées à ces modalités défavorables.

La faible représentation des autres traits du facteur Environnement pose question. Parmi eux figurent l'épuisement des ressources (cité dans 18 scénarios), la biodiversité (16), les pollutions (14), la dégradation des sols (13), la dégradation des eaux (9) ou des forêts (7) (les océans n'étant, pour leur part, même pas mentionnés !). Il semble bien que seule la problématique du changement climatique ait suffisamment percolé dans la conscience collective pour que les prospectivistes la jugent susceptible d'impulser des changements conséquents (MOSS *et al.*, 2010). Concernant les autres thématiques, même si l'état des compartiments (air, eau, sol) est jugé préoccupant, voire alarmant par les spécialistes, l'absence d'orchestration sociétale se traduit par leur absence d'influence sur la détermination des trajectoires.

L'environnement comme variable de sortie

Si l'environnement n'intervient que dans moins d'un quart des scénarios en tant que facteur moteur majeur influençant les orientations envisagées, ce sont plus des deux tiers des scénarios (219 scénarios sur 307) qui considèrent l'environnement parmi les conséquences principales des trajectoires envisagées. Le Tableau 3 ci-dessus propose une synthèse des tendances des variables de sortie environnementales des scénarios, ceux-ci ayant été regroupés par famille.

Il ressort de l'analyse de ce Tableau que le nombre des scénarios présentant des retombées environnementales négatives (47 % des scénarios) dépasse celui des scénarios positifs (29 %). Il y a également une proportion non négligeable (24 %) de scénarios mitigés, à savoir posi-

tifs pour certains compartiments environnementaux et négatifs pour d'autres. Assez logiquement les scénarios défavorables résultent majoritairement des trajectoires du déclin (notamment « chaos ») ou sans priorité environnementale (notamment « croissance à tout prix » et « inertie »). Toutefois, ils ne sont pas pour autant totalement absents des familles à priorité environnementale (surtout « réaction »). Réciproquement, les scénarios favorables trouvent majoritairement leur origine au sein de la trajectoire à priorité environnementale (notamment « croissance verte » et « pro-action ») sans pour autant être totalement exclus des autres (surtout de « croissance à tout prix » et « priorités au social »). Le dernier quart des scénarios, qui met en évidence des conséquences environnementales contrastées, se répartit sur l'ensemble des trajectoires, avec un excédent au sein des familles à priorité environnementale (notamment « réaction » et « croissance verte »).

On constate que si une large majorité des scénarios issus des trajectoires du déclin et de celles sans priorité environnementale aboutissent (sans surprise) à des conséquences négatives sur les compartiments environnementaux, seule la moitié des scénarios issus des familles à priorité environnementale mettent en avant des retombées franchement positives sur l'état de l'environnement. En d'autres termes, les prospectivistes ainsi que les experts associés à ces exercices considèrent que si rien n'est fait, « on va droit dans le mur », et que même si des mesures conservatoires sont engagées, « on n'est pas certain qu'il ne soit pas déjà trop tard pour l'éviter ! ». Ce constat est flagrant dans le cas de la famille Réaction. Des mesures correctrices étant initiées de manière plus ou moins contrainte et forcée au regard de la dégradation déjà avancée de l'environnement, les conséquences envisagées sont également réparties entre positives, négatives et mitigées. *A contrario*, les conséquences d'une démarche « proactive » sont très majoritairement vues comme positives par les experts. La vision sous-tendue par ces exercices de prospective est que, pour pouvoir envisager une amélioration durable de l'état de l'environnement, des décisions fortes doivent non seulement être prises, mais l'être suffisamment tôt pour que les dégâts environnementaux constatés au moment de l'adoption de ces décisions soient encore réversibles.

Si l'on s'intéresse plus précisément aux traits de sortie du facteur Environnement, on constate que le climat reste, là encore, la thématique la plus souvent prise en compte (elle est mentionnée dans 95 scénarios). À l'inverse des résultats de l'analyse menée pour les facteurs d'entrée (ou moteur), d'autres traits environnementaux sont également largement pris en compte : les risques environnementaux (83), l'épuisement des ressources non renouvelables (81), les sols (69), les pollutions (62) et la biodiversité (60). L'analyse trait par trait des conséquences des scénarios met en évidence des tendances assez contrastées.

Ainsi, pour ce qui concerne le sujet « Changement climatique », on constate une répartition relativement homogène entre des modalités défavorables (accélération marquée), favorables (amélioration) et modérées. L'immense majorité des modalités défavorables résulte des

trajectoires du déclin ou sans priorité environnementale, et, inversement, les modalités favorables relèvent très largement des familles à priorité environnementale.

Le constat est assez différent pour le trait Risques environnementaux. Dans leur grande majorité, les modalités formulées par les experts font état d'un accroissement des risques (de 85 %, contre 15 % de diminution) quelles que soient les familles de scénarios. Sans surprise, les 15 % de scénarios exprimant une diminution des risques environnementaux relèvent tous de la famille avec priorité environnementale. Toutefois, cela ne veut pas dire que donner la priorité à l'environnement suffirait à faire diminuer ces risques, puisque, même dans ce cas, seulement un tiers des scénarios y réussirait. Les autres familles renvoient toutes à une augmentation systématique de ces risques.

À l'opposé, lorsque le trait Ressources non renouvelables est présent, il l'est dans 65 % des scénarios, sous des modalités favorables en termes de consommation des ressources, et ce, quels que soient les scénarios. Plus que de possibles effets positifs dus à une gouvernance éclairée, il faut y voir le constat d'un rationnement imposé par l'épuisement des ressources.

Concernant les traits Eau et Sols, les tendances sont globalement pessimistes. Une large majorité des scénarios est associée à une dégradation de ces ressources, et ce, quelle que soit la famille considérée. Ces perspectives pessimistes peuvent laisser à penser que, comme pour les risques environnementaux, ces compartiments sont déjà affectés ou qu'ils risquent de l'être prochainement, si des décisions conservatoires urgentes ne sont pas mises en œuvre. Mais, même dans ce cas, il faut se préparer à vivre pendant un certain temps avec une situation dégradée de ces ressources.

On notera pour finir le faible nombre de références faites à la forêt et aux océans. S'agissant de ce dernier trait, notamment, on notera qu'il n'est évoqué que dans 36 scénarios au titre des conséquences, ainsi 90 % de ces scénarios le font en mettant en évidence une dégradation des écosystèmes marins et littoraux !

Rôle et place de la technologie et de la science dans les familles de scénarios

Hormis quelques études prospectives spécialisées, la Technologie et la Science ne sont que rarement explicitement abordées dans le corpus bibliographique constitué pour l'analyse. Ainsi, ce facteur n'est moteur que dans 15 % des scénarios. Les traits les plus représentés concernent les « technologies de la durabilité » (45 % des scénarios mentionnant le facteur Technologie et Science) devant la « Place des technologies dans la société » (25 %). Lorsque la science est abordée, elle est en revanche majoritairement présentée comme pourvoyeuse de solutions aux problèmes que doivent affronter les sociétés. Les modalités sont donc principalement favorables, comme « Rôle majeur dans la société » et « Dynamique de progrès impulsée ».

Dans les trajectoires du déclin, les sciences occupent une place limitée dans un contexte dégradé défavorable à l'in-

novation. Dans les scénarios sans priorité à l'environnement, c'est principalement la « croissance à tout prix » qui fait référence à la science dans un contexte de recherche de l'innovation, notamment aux technologies du numérique (les technologies de la durabilité offrant moins de rentabilité à court terme).

Parmi les trajectoires à priorité environnementale, les familles Croissance verte et Pro-action sont celles pour lesquelles les sciences et technologies occupent la place prépondérante. Un soutien fort y est apporté au développement d'innovations durables, avec une attention toute particulière accordée aux technologies de la transition énergétique. En revanche, le sujet n'est que peu présent dans les scénarios des familles Réaction et Synergie positive.

De manière surprenante, seuls de très rares scénarios mettent en évidence des ruptures radicales initiées par des découvertes scientifiques majeures (maîtrise de la fusion nucléaire, par exemple). Pour mémoire, on notera que les scénarios « mutants » écartés de la base d'analyse donnent une place importante aux sciences et aux technologies, notamment en lien avec l'Internet des objets.

La référence au facteur Technologie et Science est encore moins citée en tant que variable de sortie qu'elle ne l'est comme facteur moteur (c'est à croire qu'il est encore plus compliqué, pour les auteurs, d'imaginer le futur des sciences que d'envisager l'impact des sciences sur le futur...).

Synthèse et perspectives

Synthèse et discussion des résultats de l'étude ScénEnvi

Une centaine d'études de prospective ayant généré 307 scénarios se référant en tout ou partie au devenir de l'environnement ont été analysés par les membres du groupe Prospective d'AllEnvi, un travail qui a mené à la définition de 11 familles de scénarios illustrant autant de visions du futur.

Même si la démarche s'est appuyée sur un corpus qui n'était pas parfaitement représentatif de l'ensemble des futurs envisageables, du fait de biais inévitables (langue de publication, culture majoritairement occidentale et publique des études collectées, large échelle géographique), le « pavage » des scénarios ainsi proposé apparaît robuste. La quasi-totalité des 307 scénarios a en effet trouvé aisément place dans ces familles (à 3 exceptions près, des scénarios inclassables). Chaque famille intègre un nombre des plus significatifs de scénarios (de 15 à 50) qui couvrent des configurations variées en termes d'horizons temporels, de contexte sociétal ou de méthode d'élaboration.

La manière dont les familles couvrent les futurs possibles est illustrée par la représentation sur un plan orthonormé « gouvernance étatique x état de l'environnement » (voir la Figure 1 de la page 75). À une exception près (discutée ci-après), les différents quadrants sont bien couverts, qui plus est par un ensemble bien réparti de familles. Cette analyse a mis en évidence l'importance que le facteur

Gouvernance revêt aux yeux des prospectivistes pour définir le devenir des États ou des grandes régions du monde. Naturellement, l'origine principalement publique et occidentale des études explique pour partie la vision d'États souverains forts et porteurs d'une volonté relayant la volonté de leurs citoyens. On notera toutefois que des exercices issus de pays aux contextes politiques variés s'inscrivent dans cette même vision du rôle des dirigeants.

Trois trajectoires intégratrices ont permis de regrouper les 11 familles, à savoir : déclin, sans priorité environnementale, avec priorité environnementale. Leur positionnement sur le schéma de la Figure 1 de la page 75 met en évidence que ce sont moins les modes de gouvernance qui influent sur le devenir de l'environnement que les choix effectués par les décideurs.

Ainsi, si des conséquences néfastes pour l'environnement sont souvent envisagées en cas de déliquescence des institutions (« chaos »), les perspectives ne sont guère plus réjouissantes en cas de déploiement de systèmes isolationnistes et protectionnistes forts (« repli »). Dans le même ordre d'idées, pour un même mode de gouvernance, la nature des choix stratégiques peut induire des conséquences très différentes en termes de devenir de l'état de l'environnement (« croissance à tout prix » et « croissance verte »).

En tout état de cause, la répartition des familles sur le graphe illustre parfaitement que l'avenir n'est pas encore écrit. Si l'on juxtapose ces visions issues d'une centaine d'exercices de prospective, l'image globale est que l'ensemble des possibles (en allant du pire au plus enviable) peuvent être espérés ou redoutés. Le scénario appelé à se concrétiser dépendra des choix opérés, si possible sans trop tarder, par les gouvernements et/ou les individus désireux de se prendre en charge. De cette image globale, il ressort qu'il est urgent de faire de tels choix, afin de basculer dans des scénarios proactifs.

Pour autant, si l'éventail des possibles est vaste, il n'est pas uniformément réparti dans la vision qui ressort de ces 307 scénarios. La tonalité est plutôt pessimiste. Même si l'ensemble composé des familles affichant une priorité pour l'environnement est le plus important (45 % des scénarios), ce sont les scénarios de déclin ou sans priorité pour l'environnement qui prédominent (55 %). Comme attendu, les familles du déclin et sans priorité environnementale conduisent à une dégradation souvent sévère de l'environnement. Plus inattendu, moins de 30 % des scénarios avec priorité à l'environnement conduisent à une amélioration claire de la situation environnementale, contre 50 % qui prévoient une dégradation et 20 % une évolution mitigée.

Dans la vision issue de ces 307 scénarios, l'état de l'environnement et encore moins la technologie et la science ne suffisent à influencer, sauf dans de rares cas, sur les choix stratégiques. Seul le changement climatique est parfois considéré par les experts comme un élément susceptible d'influer sur des choix de société. C'est sans doute dû à la percolation des messages et des alertes associés à sujet au sein des différentes strates de la so-

ciété. Des signaux d'alerte liés à d'autres compartiments environnementaux (eau, air, sol) ne sont en revanche pas perçus comme étant dotés de la même capacité à faire évoluer les orientations publiques.

On notera en revanche qu'après la « Gouvernance », l'« Économie » constitue le second facteur moteur majeur des scénarios du corpus analysé. Selon les visions des prospectivistes, les solutions les plus prometteuses, y compris dans le domaine de la protection environnementale, ne devraient pas être nécessairement recherchées dans les registres technologiques, mais seraient plutôt issues d'innovations économiques, politiques ou sociétales. Si l'innovation joue un rôle, c'est parce qu'elle s'avère rentable et qu'elle n'a pas besoin d'être artificiellement soutenue en termes économiques. Le déploiement des technologies en lien avec les énergies renouvelables a été cité à plusieurs reprises dans diverses études.

Enfin, comme cela a été évoqué plus haut, on peut noter que le quadrant en haut à gauche de la Figure 1 de la page 75 apparaît atypique en termes de familles représentées. Le « trou » que l'on y observe semble traduire une difficulté à envisager des scénarios positifs pour l'environnement qui résulteraient d'initiatives de type « *bottom-up* », et non de prises de positions étatiques. Il semble donc légitime de s'interroger sur l'existence d'une possible « famille manquante » qui aurait échappé aux prospectivistes. Alliant gouvernance faible et effet positif sur l'environnement, elle pourrait être appelée « Coresponsabilité écologique ». Elle traduirait une prise de conscience non étatique (par des corps de citoyens ou des administrations locales) de l'importance, pour l'environnement, d'un choix délibéré d'agir localement. Elle relève de la formule « *Think global, Act local* », qui constitue une alternative vertueuse à une démarche attentiste laissant toute initiative aux gouvernements étatiques (GIORGINI, 2016 ; MORIN, 2011).

L'absence de cette éventuelle famille supplémentaire ne relève nullement d'un « oubli/manque » de la démarche de construction des familles. Celle-ci s'est en effet attachée à retranscrire objectivement les éléments produits par les scénarios analysés, en se gardant bien de rajouter quelques éléments, quand bien même ceux-ci seraient apparus pertinents à l'ensemble des membres du groupe de travail. Selon toute vraisemblance, ce manque résulte du biais relatif à la constitution du corpus. En privilégiant les grandes échelles géographiques, les exercices de prospective à des échelles plus locales (comme la région ou la ville) ont été écartés. Probablement, certains de ces exercices auraient posé en leaders des acteurs locaux. De même, l'origine publique des études a également contribué, pour partie, à faire la part belle aux initiatives étatiques, et ce, au détriment d'autres types de mobilisation.

Des perspectives d'approfondissement...

L'étude ScénEnvi a mobilisé une douzaine d'organismes publics et une trentaine de personnes durant environ deux ans. L'important travail d'analyse et de dépouillement a débouché sur la rédaction d'un rapport de synthèse disponible sur le site Internet de l'Alliance AllEnvi⁽²⁾. La

construction des familles et l'analyse des principaux facteurs conditionnant la construction et les conséquences des scénarios collectés ouvrent des perspectives intéressantes pour poursuivre l'investigation. Nous en évoquons notamment deux, à savoir : la contribution à la programmation scientifique et la recherche de la famille de scénarios manquante.

Contribuer à la programmation scientifique

L'appui à la programmation scientifique était l'objectif initial majeur de l'étude ScénEnvi. Si la démarche globale retenue a permis de poser un cadre méthodologique commun aux différentes disciplines, le groupe transversal de prospective n'avait en revanche ni la compétence ni la légitimité pour décliner seul, thème par thème, les questionnements et les enjeux scientifiques majeurs appelés par chacune des onze familles de scénarios.

Dès lors, les conclusions de l'étude sont progressivement partagées au sein des différents groupes thématiques de l'Alliance (eau, sols, océans, risques...). L'objectif est d'aider les animateurs de chaque domaine à bâtir ou à tester la robustesse des choix de priorités scientifiques à faire par la communauté pour les années à venir. La mise à disposition d'un éventail de scénarios plausibles peut contribuer à étalonner l'efficacité présumée de certaines priorités en vue de faciliter le déploiement des familles de scénarios les plus favorables en termes de devenir de l'environnement.

Assez naturellement, les tendances lourdes que l'étude a mises en évidence (recrudescence annoncée des risques environnementaux), mais également les lacunes (faible prise en compte des dimensions « océans », « forêts ») peuvent contribuer à hiérarchiser les priorités au sein de l'Alliance et, plus largement, au sein de la communauté scientifique.

Toujours dans une optique de hiérarchisation des priorités, on gardera en mémoire que l'état environnemental préoccupant de divers compartiments stratégiques pour l'équilibre de la planète (eau et sol, notamment) souffre d'un déficit avéré de lisibilité, mais aussi d'impact sur les orientations stratégiques. L'exemple – réussi – de la structuration d'acteurs (scientifiques, politiques, relais d'opinion) dans le domaine du climat mérite à ce titre d'être considéré avec intérêt, notamment dans l'attention accordée au « faire connaître et comprendre ».

Enfin, l'importance de coupler les solutions scientifiques et technologiques aux aspects non seulement de rentabilité économique, mais également d'acceptabilité sociétale ont tendance à conforter les initiatives de décloisonnement des programmes de recherche et, en particulier, leur ouverture progressive aux sciences humaines et sociales.

À la recherche de la famille manquante

Comme cela a été évoqué plus haut, l'absence constatée d'une possible « famille manquante » qui pourrait structurer les initiatives citoyennes de « coresponsabilité envi-

(2) <https://www.allenvi.fr/actualites/2017/scenenvi-futurs-pour-la-planete>

ronnementale » articulées avec les différentes échelles de gouvernance résulte, pour partie, des choix opérés lors de la constitution du corpus.

Au-delà du « vide » mis en évidence dans la Figure 1 de la page 75, l'attention accordée à cette possible famille dans la présente analyse résulte de l'opinion des auteurs, qui considèrent que ce nouveau type de gouvernance peut être appelé à jouer un rôle important dans les années à venir du fait d'une conjonction d'évolutions profondes de la société : information diversifiée et croissante des citoyens (dont les réseaux sociaux), rôle grandissant de la société civile, implication accrue des collectivités dans la gestion des questions environnementales et prise de conscience de l'importance des mobilisations individuelles pour obtenir, par leur entremise, des répercussions et résultats plus globaux.

Pour ce faire, une « extension » du corpus orientée vers des publications consacrées à ces types d'action permettrait non seulement d'analyser plus précisément les facteurs moteurs susceptibles de favoriser ces initiatives, mais également d'en optimiser l'efficacité (KOSCHATZKY, 2005). Au regard des éléments cités ci-dessus, une collaboration étroite avec des spécialistes des sciences humaines et sociales apparaît nécessaire.

Références

AllEnvi (2016), « Visions du futur et Environnement. Les grandes familles de scénarios. Analyse de prospectives internationales relatives à l'environnement », volume 1 (rapport final) et volume 2 (recueil des fiches), <https://www.allenvi.fr/actualites/2017/scenenvi-futurs-pour-la-planete>

ALCAMO J. (2008), "Chapter Six The SAS Approach: Combining Qualitative and Quantitative Knowledge in Environmental Scenarios", in *Developments in Integrated Environmental Assessment*, vol. 2, ed. J Alcamo, pp. 123-150.

BEZOLD C. (2010), "Lessons from using scenarios for strategic foresight", *Technological Forecasting and Social Change* 77(9), pp. 1513-1518.

BILOTTA G. S., MILNER A. M. & BOYD I. (2014), "On the use of systematic reviews to inform environmental policies", *Environmental Science & Policy*, n°42, pp. 67-77.

BISHOP P., HINES A. & COLLINS T. (2007), "The current state of scenario development: an overview of techniques", *Foresight* 9(1), pp. 5-25.

COOK C. N., INAYATULLAH S., BURGMAN M. A., SUTHERLAND W. J. & WINTLE B. A. (2014), "Strategic foresight: how planning for the unpredictable can improve environmental decision-making", *Trends in Ecology & Evolution* 29(9), pp. 531-541.

CORNISH E. (2004), *Futuring: The Exploration of the Future*, Bethesda (Maryland): World Future Society.

ERIKSSON E. A. & WEBER K. M. (2008), "Adaptive Foresight: Navigating the complex landscape of policy strategies", *Technological Forecasting and Social Change* 75(4), pp. 462-482.

GENDRON C. & VAILLANCOURT J. G. (2003), *Développement durable et participation publique. De la contestation écologiste aux défis de la gouvernance*, Presses de l'Université de Montréal.

GIORGINI P., VAILLANT N. & VIGNON J. (2016), *La Fulgurante récréation : de nouveaux lieux et sentiers pour la réinvention du monde*, Montrouge, Bayard.

GODARD O. (2015), *Environnement et développement durable : une approche méta-économique*, Coll. « Ouvertures économiques », Paris, Éd. De Boeck Supérieur.

HAVAS A., SCHARTINGER D. & WEBER M. (2010), "The impact of foresight on innovation policy-making: recent experiences and future perspectives", *Research Evaluation* 19(2), pp. 91-104.

HIGGINS J. P. T. & GREEN S. (2011), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, Oxford: Cochrane Collaboration.

JOUVENEL H. de (2004), *Invitation à la prospective*, Paris, Futuribles.

KOSCHATZKY K. (2005), "Foresight as a Governance Concept at the Interface between Global Challenges and Regional Innovation Potentials", *European Planning Studies* 13(4), pp. 619-639.

MEISSNER P. & WULF T. (2013), "Cognitive benefits of scenario planning: Its impact on biases and decision quality", *Technological Forecasting and Social Change* 80(4), pp. 801-814.

MIETZNER D. & REGER G. (2005), "Advantages and Disadvantages of Scenario Approaches for Strategic Foresight", *International Journal Technology Intelligence and Planning* 1(2), pp. 220-239.

MORIN E. (2011), *La Voie pour l'avenir de l'humanité*, Paris, Fayard.

MOSS R. H., EDMONDS J. A., HIBBARD K. A., MANNING M. R., ROSE S. K., VAN VUUREN D. P., CARTER T. R., EMORI S., KAINUMA M., KRAM T., MEEHL G. A., MITCHELL J. F. B., NAKICENOVIC N., RIAHI K., SMITH S. J., STOUFFER R. J., THOMSON A. M., WEYANT J. P. & WILBANKS T. J. (2010), "The next generation of scenarios for climate change research and assessment", *Nature* 463, pp. 747-756. Doi: 10.1038/nature08823.

VECCHIATO R. (2012), "Environmental uncertainty, foresight and strategic decision making: An integrated study", *Technological Forecasting and Social Change* 79(3), pp. 436-447.

En quête de projets
d'envergure ?

**Rejoignez
nos équipes !**



70 ANS AU SERVICE DE L'INDUSTRIE DE POINTE

Porté par des valeurs humaines fortes et un savoir-faire unique en matière d'équipements de levage et de systèmes complexes de manutention, le groupe Reel a acquis, depuis sa création en 1946, une position solide dans plusieurs secteurs clés et innovants de l'industrie. Pour accompagner notre développement, nous recherchons en permanence de nouveaux talents : ingénieurs d'études en conception mécanique, automatisme, contrôle commande, projeteurs, ingénieurs et techniciens de maintenance, chefs de projet, ingénieurs qualité /projet.

Vous souhaitez :

- rejoindre une entreprise indépendante de près de 2000 personnes, en croissance en France comme à l'international,
- contribuer à la réalisation de projets d'une grande technicité, dans les domaines de l'énergie, de l'aéronautique, de la métallurgie, de la défense ou encore de l'offshore.

Venez nous rendre visite sur notre site reel.fr/carriere



Publi-rédactionnel



ENGIE

Isabelle KOCHER

Directeur Général



TIGF

Dominique MOCKLY

Directeur Général



VEOLIA

Antoine FRÉROT

Président-Directeur Général



VESTAS

Jean-Marc LECHÊNE

Chief Operating Officer



EDF

Jean-Bernard LEVY

Président-Directeur Général

« NOUS VOULONS ACCÉLÉRER DANS LES RENOUVELABLES À L'INTERNATIONAL »

En mars 2016, ENGIE lançait un grand plan de transformation sur 3 ans. Objectif : devenir le leader mondial de la transition énergétique. Retour sur la transformation hors norme d'un géant de l'énergie avec Isabelle Kocher, Directeur général du Groupe.



Isabelle Kocher
Directeur Général

Que reprenez-vous de la COP 23 ayant eu lieu du 6 au 17 novembre à Bonn ?

Le moment de la COP 21 a été celui du sursaut. Nous avons réalisé à quel point nous ne pouvions pas continuer à tirer sur les ressources de la planète sans compter. Le sujet majeur de la COP 23 était celui de l'accélération. Nombre d'analystes ont regretté les timides avancées de cette COP. Je note de mon côté que de nombreux sujets évoluent dans le bon sens ; le Conseil de l'Hydrogène par exemple, dont ENGIE fait partie, a organisé une réunion réunissant CEOs et décideurs publics, pour discuter de la politique de développement de la filière hydrogène. Si les investissements nécessaires sont réalisés, cette technologie pourrait représenter près de 20 % de l'énergie consommée dans le monde en 2050 !

Le développement des renouvelables fait partie du plan de transformation d'ENGIE. Quelles étapes ont été franchies et quelles sont les suivantes ?

Il s'agit en effet d'un des axes forts de notre plan de transformation. En 2016, les énergies renouvelables représentaient 20 % de l'ensemble de nos capacités installées. Nous nous sommes fixé comme objectif d'atteindre 25 % en 2020. Pour cela, nous accélérons notamment à l'international.

Nous venons par exemple de remporter 4 projets dans le solaire et l'éolien au Mexique, pour un total de 688 MW de capacités installées, des contrats de concession pour deux centrales hydroélectriques au Brésil, pour un total de 832 MW ou encore un projet éolien en mer au Royaume-Uni, pour un total de 950 MW.

En parallèle, nous nous désengageons du charbon. Après la cession de nos parts, en 2018, dans la centrale de Loy Yang B en Australie, le charbon ne représentera plus que 6 % de notre portefeuille de production d'électricité, contre 13 % fin 2015 – l'objectif étant de tendre vers 0.

Comment parvenez-vous à être performant sur le court terme tout en travaillant à votre reconversion ?

C'est tout l'enjeu en effet ! La quasi-totalité de notre programme de cessions est désormais réalisée, et nous n'avons pas constaté le « trou d'air » attendu dans nos résultats. Ceci s'explique notamment par la contribution déjà significative de nos trois moteurs de croissance : la production bas carbone d'électricité, les infrastructures et les solutions intégrées pour les clients, qui contribuent déjà à 90 % de notre EBITDA et affichent des taux de croissance annuels de 5 %.

La robustesse de notre modèle nous permet non seulement de maintenir notre

performance, mais aussi d'investir à plus long terme dans des solutions qui ne sont pas encore matures.

Sur quels projets renouvelables innovants ENGIE est-il impliqué ?

Nous investissons en particulier dans des technologies innovantes décentralisées, comme les installations photovoltaïques organiques. Ce sont des films très légers et flexibles, qu'on appose sur les façades des bâtiments et qui génèrent de l'énergie solaire.

Nous avons inauguré la plus grande installation photovoltaïque organique au monde, à la Rochelle, en novembre dernier.

Nous travaillons aussi sur le développement de « game changers », comme l'hydrogène renouvelable. Nous venons de créer une entité spécifiquement dédiée à l'hydrogène, pour accélérer dans ce domaine.

Les solutions sont à notre portée : à nous d'y consacrer les moyens nécessaires !

TIGF, UN ACTEUR ESSENTIEL DANS LE TRANSPORT ET LE STOCKAGE DU GAZ NATUREL



Dominique Mockly
Directeur Général

Avec plus de 5000 km de canalisations et 2 stockages souterrains représentant respectivement 16 et 24 % des capacités nationales, TIGF (Transport et Infrastructures Gaz France) est un acteur majeur du monde de l'énergie implanté depuis plus de 70 ans dans le grand Sud-Ouest de la France.

Entretien avec Dominique Mockly, directeur général.

Quelle place TIGF occupe-t-il dans le domaine du transport de gaz en France ?

En réalité, TIGF joue un rôle majeur dans deux domaines : le transport bien sûr, mais aussi le stockage souterrain du gaz naturel. C'est en France, avec GRTgaz, l'un des deux gestionnaires du réseau de transport de gaz et, avec Storengy, l'un des deux opérateurs de stockage. En matière de transport, TIGF opère un réseau de plus de 5 000 km de canalisations, soit 14 % du réseau national.

Ce réseau se situe dans le Sud-Ouest et assure donc, au Sud, l'interconnexion avec l'Espagne et, au Nord et à l'Est, l'interconnexion avec le reste de l'Hexagone.

En matière de stockage, notre activité est essentielle puisqu'elle permet d'assurer la sécurité d'approvisionnement du territoire, notamment pendant les « pointes » de consommation hivernales. Nos stockages s'effectuent dans des poches aquifères souterraines situées dans le département du Gers et représentent près d'un quart des capacités françaises.

En quoi le gaz est-il aujourd'hui un vecteur majeur de la transition énergétique ?

D'abord, le gaz est, en elle-même, une source d'énergie centrale dans la lutte contre le réchauffement climatique. Concrètement, celle-ci rend crédible la transition progressive vers les énergies renouvelables en fournissant aux décideurs politiques et aux industriels une source complémentaire indispensable et relativement peu polluante.

En effet, la combustion du gaz génère 35 %

de moins de CO₂ que celle du charbon et n'émet pas de particules.

Ensuite, le gaz lui aussi tend à devenir une énergie renouvelable. Il y a le bio-méthane issus principalement de la valorisation de déchets agricoles.

Compte-tenu de notre territoire, nous sommes innovants dans l'intégration de ce type de gaz dans le réseau et nous le ferons encore plus demain. Nous consacrons également beaucoup de temps et d'investissements dans la recherche autour de l'utilisation du gaz naturel véhicule (GNV) dans les transports, et notamment dans les transports en commun.

Vous avez récemment fixé l'objectif de présenter un bilan environnemental positif d'ici 2025. Quel est votre plan d'action ? Quelles en sont les grandes étapes ?

En effet, nous avons placé la responsabilité environnementale au cœur de notre stratégie, afin de contribuer à l'atteinte des objectifs fixés par la loi de transition énergétique. C'est le sens de notre programme « BE POSITIF », qui vise à doter l'entreprise d'un bilan environnemental neutre en 2020, puis positif en 2025. Pour y parvenir, nous avons mis en place une méthodologie « Eviter-Réduire-Compenser ».

Par exemple, quand nous construisons nos gazoducs, nous le faisons de manière à préserver le biotope du mieux possible et, par la suite, nous nous efforçons de reconstituer l'environnement naturel préexistant.

Quelles sont finalement vos ambitions à long terme ?

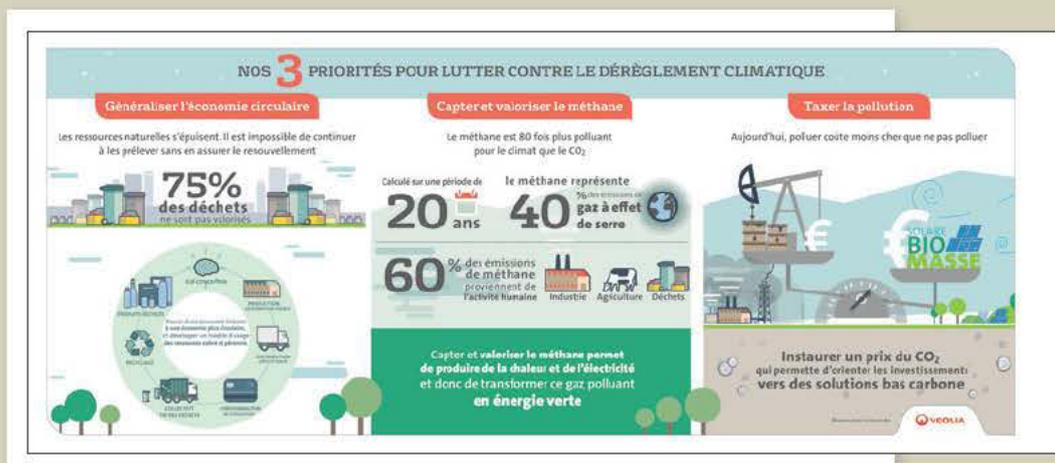
D'abord, à court et moyen termes, nous avons engagé un certain nombre de projets d'infrastructures. Il s'agit d'abord du projet de gazoduc « Renforcement Gascogne Midi – RGM », qui permettra l'acheminement de quantités de gaz depuis la zone TIGF vers le Sud-Est de la France. Il s'agit ensuite du projet « STEP » (South Transit East Pyrenees), projet européen d'interconnexion entre la France et la Catalogne. Enfin, TIGF a répondu à l'appel à projets ouvert par le ministère de l'Ecologie, visant à approvisionner la Corse en gaz naturel, comme cela est prévu dans la programmation pluriannuelle de l'énergie.

Ensuite, à plus long terme, il y a quatre domaines dans lesquels nous souhaiterions innover massivement et développer notre activité : le bio-méthane, le gaz naturel véhicule (GNV), la capture, le stockage et le recyclage du CO₂ et, enfin, les technologies de Power to Gas, c'est-à-dire la conversion des excédents d'électricité en hydrogène par électrolyse de l'eau.

C'est en relevant ces défis que TIGF pourra s'affirmer au sein de son secteur, comme un véritable accélérateur de la transition énergétique.

L'INDISPENSABLE MOBILISATION DES ENTREPRISES POUR RELEVER LE DEFI DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

« La lutte contre les dérèglements climatiques est le combat de tous, c'est aussi le nôtre. »
Antoine Frérot, Président-Directeur général de Veolia.



Suite au One Planet Summit qui s'est tenu le 12 décembre 2017 à Paris à l'initiative du président de la République française, et auquel Antoine Frérot, Président-Directeur général de Veolia a participé, notre Groupe souhaite réaffirmer son engagement aux côtés des entreprises françaises pour relever le défi climatique. Et, fort de son expérience, Veolia veut convaincre de l'urgence des trois priorités suivantes.

Première priorité : le développement de l'économie circulaire. A l'origine du dérèglement climatique, il y a une logique : « J'extrais, je fabrique, je jette. » Cette logique de l'économie linéaire accroît fortement les besoins en énergie et donc les rejets de CO₂. A l'inverse, l'économie circulaire, parce qu'elle transforme les déchets en ressources, les diminue. Un seul exemple ? La fabrication d'une bouteille de plastique en recyclant des bouteilles usagées dégage 70 % de CO₂ de moins qu'en utilisant du pétrole. Lorsque l'on prend conscience que, dans les pays développés notamment, nos poubelles sont des mines à portée de main et que le champ de cette économie circulaire concerne également l'eau et l'énergie, on mesure l'importance de cette mutation.

Deuxième priorité : la transformation du méthane en énergie verte. Trop souvent, on associe les seuls gaz carboniques aux gaz à effet de serre. Et on oublie, ce faisant, un autre enjeu au moins aussi important : le méthane. Alors même que sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre a atteint 40 %, c'est-à-dire autant que celle du CO₂. Alors même que 60 % de ces émissions proviennent de l'activité humaine – l'agriculture, le secteur pétrolier et les déchets ménagers. Alors même que nous savons transformer le méthane provenant des déchets en biogaz, en électricité ou en chaleur.

Troisième priorité : mettre en place des incitations économiques fortes. Non seulement tel n'est pas le cas mais, pis encore, tel est exactement le contraire : dépolluer coûte cher, quand polluer ne coûte rien ou presque. Chacun le sait, il faut fixer un prix aux émissions de carbone. Un prix robuste, un prix prévisible, un prix à minima au niveau européen. Le président de la République a évoqué dans son discours à la COP 23 le montant de 30 € par tonne de CO₂, qui est de l'ordre de grandeur du prix interne de 31 € que le Groupe Veolia s'est fixé pour réorienter ses investissements vers des procédés moins carbonés.

Nous savons ce qu'il convient de faire pour atteindre l'objectif des 2 degrés.

Nous, entreprises, prenons nos responsabilités.

Nous espérons que les Etats respecteront les leurs.

VERS UNE EUROPE À ZÉRO EMISSION NETTE EN 2050 ?"



Jean-Marc Lechêne
Vestas Chief Operating Officer

L'accord de Paris, signé lors de la Conférence de Paris sur le climat (COP21) fin 2015, a positionné la France aux avant-postes de la transition énergétique.

Les objectifs de cette transition sont ambitieux : neutralité carbone, réduction de la consommation et diversification du mix électrique français, et vont probablement entraîner une modification sans précédent du secteur électrique.

Cette évolution, ou "révolution" serait-on tenté de dire, est confrontée à de multiples variables, telles que les fluctuations de la consommation électrique, notre capacité à changer rapidement de mix électrique avec la montée en puissance maîtrisée des renouvelables, et le développement de nouvelles technologies (stockage, services réseau).

Notons, par ailleurs, que Le projet de la transition n'est plus exclusivement national, du fait de notre interdépendance vis à vis de nos voisins européens. Le paquet "Energie propre pour tous les européens" est à ce titre un autre paramètre clé.

Donc, l'enjeu du zéro émission à l'horizon 2050, réside bien dans le fait de maîtriser et d'accompagner efficacement l'évolution de notre mix énergétique, tout en préservant la compétitivité de notre modèle économique.

A ce titre l'exercice de prospective mené par RTE, à travers son bilan prévisionnel 2017, est riche d'enseignements, car non seulement il démontre qu'une diversification du mix avec la montée en puissance des renouvelables est possible, mais également que celle-ci pourra se faire en maîtrisant nos émissions de CO2.

Un scénario laisse apparaître que nous sommes techniquement capables aujourd'hui d'atteindre une part de plus de 50% de renouvelables, dès horizon 2035, tout en contribuant à l'objectif de réduction des émissions de CO2.

Dans ce nouveau mix diversifié, l'éolien représente 45% de la part renouvelable : soit 67 GW (dont 15GW en mer) contre 12,5GW aujourd'hui. Cette part importante sera possible dans le cadre d'un déploiement ambitieux, qui visera systématiquement les fourchettes hautes de la programmation pluriannuelle de l'énergie.

L'éolien est sans aucun doute une des solutions clés de ce grand projet. Avec 487 GW de capacité éolienne installée dans le monde (et une croissance de plus de 60 GW par an), l'énergie éolienne constitue aujourd'hui le type d'énergie renouvelable le plus répandu. Il est en outre de plus en plus compétitif, grâce aux évolutions rapides des tailles et des puissances nominales des machines.

Vestas, leader mondial de l'éolien, avec plus de 87 GW installés dans 76 pays, est prêt à relever ce défi, en développant des solutions toujours plus compétitives, propres et créatrices d'emplois locaux non délocalisables.

Soulignons par ailleurs, que cette évolution majeure de notre mix électrique se fera aux côtés de nouvelles formes de flexibilité (meilleure prise en compte de la production à coût variable), mais également à travers l'émergence de nouvelles technologies comme le stockage et la montée en puissance de notre parc électrique automobile. Autant de changements, contributeurs d'une intégration renforcée de l'éolien dans notre mix.

La France, qui ouvrira en Décembre le "One Planet Summit", bénéficie d'une formidable opportunité économique et sociétale, si toutefois elle accepte d'en relever le défi : notre système électrique à l'horizon 2030 sera, en effet, le reflet des décisions qui seront prises aujourd'hui...

EDF, UN ACTEUR DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE RÉSOLUMENT ENGAGÉ



Jean-Bernard Lévy
Président-Directeur Général

Des nouveaux besoins pour demain

Cet espoir implique dès aujourd'hui des transformations de nos modes de vie, de production et de consommation. Nous serons plus nombreux en ville, nos modes de transport seront différents, nous serons plus collaboratifs, nous serons plus attentifs à utiliser des ressources locales. Notre économie sera plus économe en ressource naturelle, plus circulaire. Notre mobilité sera électrique, autonome. Nos besoins auront changé, car le climat aura changé : 2°C, c'est beaucoup!

Les vagues de chaleur seront plus nombreuses et plus chaudes, créant des besoins encore peu répandus de rafraîchissement et de climatisation, sans exclure des pics de froid. Nos villes et nos infrastructures devront être plus résilientes pour faire face à un climat plus contrasté qu'aujourd'hui avec aussi des épisodes de pluies violentes.

Sur le plan énergétique, nous voudrions à la fois que notre énergie soit plus décarbonée, plus locale et sans doute plus digitale.

Ceci implique plus d'électricité et plus d'énergies renouvelables. Cela veut dire aussi que beaucoup d'entre nous seront

Nous savons peu à quoi ressemblera notre vie en 2050. C'est dans plus de 30 ans. Mais nous pouvons néanmoins dire ce que nous souhaiterions avoir réalisé en 2050. Nous voudrions avoir engagé notre planète sur le chemin d'un développement plus durable et plus équitable. Nous voudrions que l'activité humaine n'ait plus d'effets sur le réchauffement climatique, on parle de neutralité carbone.

acteurs de leur production et de leur consommation d'électricité.

Accompagner le changement et la Transition Énergétique

EDF travaille aujourd'hui à développer ces solutions de demain avec des expérimentations dans les territoires, pour prendre en compte leurs attentes. Nous voulons être le partenaire de ces ambitions, avec des solutions innovantes et performantes pour un système énergétique plus décentralisé et plus résilient.

Nous inventons de nouvelles offres pour accompagner nos clients dans ces nouvelles expériences de l'énergie : avec « e-équilibre », tous nos clients peuvent comprendre, comparer et gérer leur consommation et avec la gamme « mon soleil », nous apportons des solutions pour répondre à la demande d'autoconsommation.

Nous savons aussi que cette augmentation de la part de l'électricité dans les besoins énergétiques comporte une plus grande responsabilité vis-à-vis de ceux qui ont des difficultés à payer leur facture : nous voulons aussi innover dans ce domaine

pour que cette transition énergétique soit aussi solidaire.

Nous nous appuyons sur un parc constitué très majoritairement de centrales nucléaires et hydrauliques, et notre électricité nationale est pratiquement sans carbone. Ce patrimoine est un avantage compétitif pour notre pays.

On prend souvent l'image d'Internet permettant à chacun de gérer ses données... alors que nos smartphones seraient inefficaces sans la toile, universelle, standardisée et illimitée. Il en ira de même dans l'énergie, c'est le système centralisé européen, ou mondial, qui rendra possible et efficace les systèmes locaux.

Ce système centralisé devra à la fois être robuste, économique et sans émission de CO₂. C'est pourquoi le nucléaire y jouera un rôle important. Le nucléaire français ne représentera plus 75% de la production d'électricité, mais il complètera les électricités produites localement pour apporter à nos concitoyens et à nos entreprises de l'électricité décarbonée dans une Europe respectueuse de la planète.

ZEN 2050: Toward a Europe with Zero emissions (net) by 2050?

Preface

Nicolas Hulot, minister of the Environmental Transition and Solidarity

Europe, zero net emissions by 2050

Claire Tutenuit, delegate-general of Entreprises pour l'Environnement (EpE)

Technical possibilities

Berlin, carbon neutrality by 2050

Michael Müller, Governing Mayor of Berlin

The Berlin Senate, the city's executive body, is pursuing long-term objectives for making the city "carbon neutral" by reducing its CO₂ emissions by at least 85% till 2050 (in relation to 1990). Like many other international metropolitan areas, Berlin is reacting to climate change. The objectives of climate conservation are legally binding since the enactment, in 2016, of a municipal ordinance on the energy transition. The latter required that the Senate submit to the parliament a "roadmap on carbon neutrality". In June 2017, the Senate adopted a program on "energy and climate conservation", which contains strategies and concrete measures for reaching this objective in five fields (energy, transportation, buildings and urbanism, households, and consumption). Since implementation will extend up till 2030, this program for adapting Berlin to the effects of climate change will have to be regularly updated.

Maximize the efficiency of carbon sinks: The options

Didier Houssin, president d'IFP Énergies nouvelles (IFPEN)

The natural carbon cycle involves vast biogeochemical exchanges between the biosphere, atmosphere and ocean. These exchanges are now out of balance due to the CO₂ emitted from human activities, mainly the combustion of fossil fuels. Deforestation has made the situation worse. The CO₂ accumulated in the atmosphere is causing global warming. Natural carbon sinks (CO₂ dissolved in the ocean, converted by the biosphere via photosynthesis, etc.) reabsorb half of this excess, but the capacity of these sinks for absorbing emissions could be curtailed by the warming now under way. We can act, first of all by reducing their CO₂ emissions, and also by maximizing the efficiency of three carbon sinks that could significantly reduce accumulation in the atmosphere: changes in land use, the geological storage of CO₂, and the conversion of this gas into various products. Improving the complementarity between these different approaches will help fight more efficiently against global warming.

From the Michelin Bibendum Challenge to Paris Process Mobility and Climate

Patrick Oliva, former director of Prospective and Sustainable Development at Michelin, cofounder of Paris Process on Mobility and Climate (PPMC); **Cornie Huizenga**, secretary-general of SLoCaT (Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport), cofounder of Paris Process on Mobility and Climate (PPMC); and **Claire Bernard**, head of Sustainable Mobility at Michelin

The PPMC coalition (Paris Process on Mobility and Climate) has proposed an approach already copied by countries such as France, Portugal and the Netherlands. This approach lays out a vision that is credible (because it is technically feasible) and desirable (since it offers growth via innovations and investments in new services for "mobility"). It entails a systemic, planned overhaul of transportation systems via a sequencing of phases, both successive and synergic.

Conducting the transition of the whole agribusiness sector toward carbon neutrality: Long-term trajectories and short-term paths

Sébastien Treyer, **Pierre-Marie Aubert**, **Aleksandar Rankovic** and **Marie-Hélène Schwoob**, Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (IDDRI), Sciences Po, Paris

Most greenhouse gas emissions in agribusiness come from primary production. Reducing to zero net emissions in this sector implies changes of such a magnitude that they can be made only by revamping the whole sector. For this sector, it is necessary to cope both with the radical issues raised by carbon neutrality in the long run and with the urgency of short-term actions for immediately making a start on these changes.

From the circular to the "permacircular" economy

Dominique Bourg, philosopher and professor, Faculty of Geosciences and the Environment, Lausanne University

On the global scale, a "permacircular" economy seeks to reverse the trends that lead to trespassing the planet's limits and to return to an environmental footprint on a dimension with Earth. Various approaches can, however, be taken toward this demanding objective: economic pathways that give a free rein to human inventiveness, ranging from stiffly competitive high tech through the "social and solidarity economy" to experiments mixing permaculture and lifestyle changes. Thus defined, the permacircular economy is a fulcrum for a decidedly pluralistic and democratic society. It does not exclude other, less demanding, approaches, which it could even incorporate.

Modalities: The economy and politics

The ambitious French objective of net carbon neutrality by 2050

Jérôme Boutang, managing director, Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA); and Mark Tuddenham, head of Information, CITEPA

The Paris Climate Agreement (COP21) of 12 December 2015 sets the clear goal of carbon neutrality for the second half of the 21st century. In France, the 2015 TECV Act on the “energy transition for green growth” set high climate-energy objectives. The objective of dividing by four greenhouse gas emissions by 2050 (in comparison with 1990) already figured in the 2005 Energy Act and in the 2009 Grenelle I Act. Attention is drawn to three key points in France's mobilization for the climate: the ambition, model-building, and participation. France has set a high level to adapt planetary goals to the nation while moving forward to 2050. The second version of the National Low Carbon Strategy calls for additional exercises in model-building. This strategy relies on a participatory method involving citizens, NGOs, firms, experts and regional authorities.

Climate and the energy transition

Richard Lavergne, general engineer from the Corps des Mines, Conseil Général de l'Économie (CGE)

The links between the energy transition and the fight against climate change are less evident than first imagined. The meaning of this, which citizens do not yet grasp, varies depending on stakeholders and the countries of implementation. The climate is not necessarily the top-ranking priority in a program for the energy transition. Moreover, such a program's socioeconomic effects should be more deeply analyzed.

Moving to net-zero emissions, an undeniable business opportunity in Europe and beyond

Maria Mendiluce, Managing Director & Senior Management Team, WBCSD

Companies have a vested interest in addressing the climate challenge. This is because business cannot succeed in societies that fail, and a warmer planet and more extreme events will have very damaging consequences for business, and – most importantly – for people living in our planet. In the face of these unprecedented challenges, forward-thinking companies are driving change with unprecedented impetus.

The roadmap for removing carbon from the German energy sector

Stéphane Reiche, principal engineer from the Corps des Mines, assistant to the head of the Regional Economic Service of the Embassy of France in Berlin; and Laure Joya, head of Energy and Raw Materials in the Regional Economic Service of the Embassy of France in Berlin

Germany will have a hard time reducing by 40% its greenhouse gas emissions by 2020 (taking 1990 as the base

year). The country is far from attaining the objective that it set for energy efficiency. However it is successfully shutting down nuclear power and speeding up the development of renewable sources of energy. This trend, though costly, is a major factor for innovations and jobs. A few recommendations for successfully managing cooperation between France and Germany...

The need to reinforce the “attenuation strategy” for reaching the objective of zero net emissions by 2050

Anne Bringault, head of the Energy Transition, Réseau Action Climat France; Lucile Dufour, head of International Policies and Development, Réseau Action Climat France; and Neil Makaroff, head of Europe, Réseau Action Climat France

Proceeding toward carbon neutrality or setting the objective of zero net greenhouse gas emissions by 2050 are a strong political commitment that induces all parties to project themselves into a radically different future. Incremental changes no longer suffice; a break must be made. This has opened the opportunity for some parties to advocate (mainly technological) innovations. The latter come at a high cost, and their feasibility on a large scale by 2050 is far from demonstrated. It would be easy to limit discussions to negative emissions alone. However the high uncertainty surrounding them forces us, if we want to steer a course toward zero net emissions, to immediately speed up the implementation of far-reaching “attenuation policies” for reducing emissions. Putting an end to fossil fuels by turning toward 100% renewables, reducing energy consumption by consuming more soberly and being more efficient, overhauling the agribusiness model from the viewpoint of sustainability, developing a more circular economy... these solutions have to be adopted with no regrets since they are beneficial to jobs, health, rural and urban development, and the economy as a whole.

The dialog between firms and consumers, a key to the transition

Jean-Dominique Sénard, chairman of the board at Michelin, president of Entreprises pour l'Environnement

The technical solutions that bring us closer to carbon neutrality now seem to be well advanced; but consumers are still adopting them slowly. Is it possible to reach the objective of zero net greenhouse gas emissions? How to change the consumption patterns of French households? How to accelerate the roll-out of solutions and the withdrawal from the market of products and services that emit greenhouse gases? What role can firms play in what amounts to a change of culture – or even civilization?

Setting the price of carbon in order to facilitate the energy transition? Why not! But that does not suffice

Dominique Dron, general engineer from the Corps des Mines, Conseil Général de l'Économie (CGE)

Setting a price for carbon is often claimed to be a magic lamp for shedding light on the way toward the energy transition and responding to climate change, or even to

be an inescapable method for public policies to reduce the environmental damage wrought by human activities. At a closer look, this approach is not without the defects that come with it. For one thing, it often translates socio-economic factors and (even more) natural processes exclusively into monetary terms. For another, its hypotheses and concepts are too far removed from real operations and functions. For this reason and given the menace to the Earth-humanity system, it is urgent to place the “price of carbon” within a coherent set of propositions and measures that are not all (far from it) economic.

Workers, a driving force indispensable to the environmental transition

Laurent Berger, secretary-general of the labor union Confédération Française Démocratique du Travail (CFDT)

The need to redesign production and consumption is now evident; but there are several ways to realize the expected environmental and energy transitions. What we refuse is a sudden transition stemming from a unilateral decision. To be fair, accepted and sustainable, these transitions must be discussed collectively. They must become a democratic worksite, where debates are organized to decide together how to move toward a mode of development that respects the environment, citizens and workers. Jobs and work should not be mere variables for making adjustments. They are the keys to a successful environmental transition, which must be seen from a human standpoint.

Climate & Trade: Can They Be Mutually Beneficial?

Philippe Varin, president of ICC-France (International Chamber of Commerce), and **Claire Tutenuit**, general delegate of Entreprises pour l'Environnement (EpE)

Globalization has contrasting effects on climate: it speeds up the spreading of new, low carbon products and services while dedicating the mobilization of worldwide

economic actors to planetary effort with this end in view. Conversely, governments have given up the idea of meaningful pricing for carbon emissions of the more emitting activities in order to limit competition discrepancies in our globalized world. However, price mechanisms are also the more efficient ones in promoting low-carbon solutions. How can we reconcile environmental challenges with the economic growth provided by free-trade?

Miscellany

ScénEnvi, an analysis of the major international scenarios for the future of the environment

Christophe Didier, INERIS; **Nicolas de Menthière**, IRS-TEA; **Denis Lacroix**, IFREMER; **Bertrand Schmitt**, INRA; **Audrey Béthinger**, INRA; **Louis Laurent**, ANSES; **Bernard David**, CEA; **Jacques Parent du Châtelet**, Météo-France; **Flora Pélegrin**, FRB; **Pascale Hénaut**, IRSTEA; **Morgane Le Gall**, IFREMER; **Marie-Hélène Pépin**, Météo-France; and **Isabelle Pradaud**, INERIS

To contribute to French scientific planning in the environmental sciences, a study of major scenarios from around the world on the possible futures for the environment was made under the auspices of Alliance AllEnvi. For the more than 300 scenarios analyzed, governance and the economy turned out to be the major factors for differentiating them. Eleven families of scenarios were placed in three groups: decline, no priority for the environment, and priority for the environment. The first two groups correspond to a severely deteriorated environment, but the third has a more encouraging outcome despite the inefficiency of certain orientations. A detailed analysis of the methodology and findings is proposed while focusing on the factors “environment” and “sciences and technology”, which are decisive for AllEnvi.

AUBERT Pierre-Marie

Fort d'une formation interdisciplinaire, à l'interface entre les sciences biotechniques (agronomie, foresterie) et la sociologie, Pierre-Marie Aubert coordonne à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri) l'initiative « Politiques publiques et agricultures européennes ». Au titre de ses travaux, il s'intéresse aux problèmes de gestion de l'environnement et des ressources naturelles sous quatre angles différents et complémentaires : la formulation et l'évaluation des politiques publiques ; la mise en œuvre de l'action publique environnementale ; la gouvernance des filières agricoles et agro-alimentaires mondiales ; et la prospective territoriale.

BERGER Laurent



D.R

Titulaire d'une maîtrise d'histoire, Laurent Berger a été secrétaire général de la Jeunesse Ouvrière Chrétienne, puis a enseigné l'histoire-géographie avant d'intégrer une association d'insertion. Au sein de cette structure composée de 9 personnes, il a été délégué du personnel.

Permanent à l'union locale CFDT de Saint-Nazaire à partir de 1996,

il est élu, en 2003, secrétaire général de l'union régionale CFDT des Pays de la Loire.

En juin 2009, il devient membre de la Commission exécutive confédérale. Il y est chargé des PME, des négociations sur l'assurance chômage et sur l'emploi des jeunes, ainsi que de la coordination de l'action revendicative de la CFDT.

Le 28 novembre 2012, il est élu secrétaire général de la CFDT, avant sa réélection en juin 2014.

BERNARD Claire



D.R

Ancienne élève de l'ENA, Claire Bernard a fait l'essentiel de sa carrière dans la fonction publique : elle y a occupé divers postes au sein du ministère de l'Industrie, puis du ministère des Finances. Elle a également exercé en position de détachement auprès de diverses autorités administratives indépendantes (notamment le Conseil supérieur de

l'audiovisuel et l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes). En septembre 2016, elle rejoint le groupe Michelin avec pour mission d'accompagner et de renforcer le volet international que le groupe a, sous l'impulsion de Patrick Oliva, développer depuis vingt ans, devenant ainsi l'acteur engagé et le fédérateur mondialement reconnu qu'il est aujourd'hui, dans le domaine de la mobilité durable.

BOURG Dominique



D.R

Philosophe, Dominique Bourg est professeur ordinaire à la Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne. Il dirige, avec Alain Papaux, la collection « L'écologie en questions » aux PUF et « La Pensée écologique » (revue en ligne depuis octobre 2017, PUF/Cairn). Il a été membre de plusieurs commissions françaises,

notamment la CFDD, la Commission Coppens (commission chargée de préparer la Charte de l'environnement, qui a aujourd'hui valeur constitutionnelle suite à son adossement (en 2005) à la Constitution française) ou bien encore le Conseil national du développement durable. Il a été par ailleurs vice-président de la commission 6 du Grenelle de l'Environnement ainsi que du groupe d'étude sur l'économie de fonctionnalité. Il a été membre du conseil scientifique de l'Ademe. Il préside le conseil scientifique de la Fondation pour la Nature et l'Homme. Ses domaines de recherche recouvrent l'étude de la pensée écologique, les risques et le principe de précaution, l'économie circulaire et la démocratie écologique. Son dernier livre (co-écrit avec Christian Arnsperger), *Écologie intégrale. Pour une société permacirculaire*, a été publié aux Éditions PUF, en 2017.

BOUTANG Jérôme



D.R

En 2011, Jérôme Boutang rejoint le CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique), en tant que directeur général. Le CITEPA est l'opérateur du ministère chargé de l'Environnement (METS) pour la production des inventaires nationaux d'émissions. Au sein du CITEPA, il est chargé de

la définition de la vision stratégique de ce centre, de ses plans d'action et de son développement à l'international. Jérôme Boutang pratique la prospection commerciale, la négociation, la communication, le renforcement de capacités et le développement d'outils d'aide à la décision à destination d'acteurs privés et publics.

Il justifie d'une formation d'ingénieur agronome et d'un Master2 en économie. Jérôme Boutang a travaillé dans l'industrie alimentaire, notamment en France, au Royaume-Uni et aux États-Unis. Son parcours professionnel l'a amené à travailler dans différents domaines : recherche appliquée, transfert de technologie, conseil en stratégie, et aussi à s'interroger sur les processus de prise de décision risquée et le *marketing*.

Il est membre du groupe consultatif d'experts de la CC-NUCC et coanime le réseau des pays d'Afrique francophone mobilisés contre les effets du changement climatique.

BRINGAULT Anne



D.R

Diplômée de Grenoble École de Management (précédemment École supérieure de commerce de Grenoble), Anne Bringault a travaillé pendant 11 ans dans un cabinet anglo-saxon de conseil en organisation et en systèmes d'information. Elle a ensuite dirigé pendant 6 ans une association nationale de protection de l'environnement, laquelle est

membre de l'un des plus grands réseaux internationaux. Elle travaille actuellement pour le CLER, le Réseau pour la transition énergétique, et pour le Réseau action climat sur les politiques nationales en lien avec la transition énergétique. Elle assure la coordination des actions développées par ces ONG en la matière.

DIDIER Christophe



D.R

Diplômé de l'École des Mines de Paris, Christophe Didier développe depuis une vingtaine d'années, au sein de l'INERIS, une expertise dans le domaine de la prévention des risques environnementaux. Après avoir longtemps travaillé au sein de la direction du Sol et du sous-sol sur la question de l'exploitation raisonnée des matières premières

(sécurité minière, après-mine, hydrocarbures non conventionnels), il coordonne aujourd'hui les activités d'appui aux politiques publiques de l'Institut. Actif au sein de divers réseaux d'expertise nationaux et internationaux, il est l'auteur de nombreux guides et ouvrages en lien avec la prévention des risques. En tant que directeur scientifique adjoint, il anime également les activités de veille prospective de l'INERIS, lesquelles consistent notamment à identifier les risques environnementaux émergents. Dans ce cadre, il participe activement au groupe transversal prospective de l'Alliance AllEnvi et a pris part à la réalisation de l'exercice collaboratif ScénEnvi.

DRON Dominique

Dominique Dron est ingénieure générale des Mines et est agrégée de sciences naturelles. Précédemment directrice générale déléguée de l'Ifremer, puis Commissaire générale au Développement durable, elle est aujourd'hui membre du Conseil général de l'économie (CGEJET) au ministère de l'Économie et des Finances.

DUFOUR Lucile

Lucile Dufour est diplômée en relations internationales de la Sorbonne et en environnement et développement de la *London School of Economics*. Après une expérience dans l'évaluation de projets de développement en Afrique, elle a rejoint le Réseau Action Climat en décembre 2015.



D.R

Elle y suit les négociations internationales et coordonne les travaux du Réseau Climat & Développement, qui regroupe une soixantaine d'ONG africaines francophones autour des enjeux climatiques.

HOUSSIN Didier



D.R

Diplômé de l'Institut d'études politiques de Paris (1977) et de l'École nationale d'administration (1983), il a exercé des fonctions internationales au ministère de l'Industrie de 1983 à 1987, puis a été détaché auprès de TOTAL jusqu'en 1990. Il a été ensuite sous-directeur des affaires économiques et financières au ministère de l'Industrie, puis directeur des ressources énergétiques et minérales de 1997 à 2004, avant d'être nommé directeur général délégué du BRGM.

De juillet 2007 jusqu'à octobre 2012, il a été directeur des marchés et de la sécurité énergétiques à l'Agence internationale de l'énergie (AIE). À ce titre, il était chargé de l'analyse des marchés énergétiques, plus particulièrement des marchés du pétrole, du gaz et de l'électricité, des énergies renouvelables et de la sécurité d'approvisionnement. De décembre 2012 à avril 2015, il a exercé en qualité de directeur des politiques et des technologies énergétiques durables à l'AIE. À ce titre, il était responsable du développement des technologies à bas carbone et de la transition énergétique (scénarios ETP à horizon 2050, *roadmaps* technologiques, capture et séquestration du carbone, réseau international de RD&D de l'AIE). Le 8 avril 2015, il a été nommé président d'IFP Énergies nouvelles.

De juillet 2007 jusqu'à octobre 2012, il a été directeur des marchés et de la sécurité énergétiques à l'Agence internationale de l'énergie (AIE). À ce titre, il était chargé de l'analyse des marchés énergétiques, plus particulièrement des marchés du pétrole, du gaz et de l'électricité, des énergies renouvelables et de la sécurité d'approvisionnement. De décembre 2012 à avril 2015, il a exercé en qualité de directeur des politiques et des technologies énergétiques durables à l'AIE. À ce titre, il était responsable du développement des technologies à bas carbone et de la transition énergétique (scénarios ETP à horizon 2050, *roadmaps* technologiques, capture et séquestration du carbone, réseau international de RD&D de l'AIE). Le 8 avril 2015, il a été nommé président d'IFP Énergies nouvelles.

HUIZENGA Cornie

Cornie Huizenga est secrétaire général de SLoCaT (*Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport*). Il est le co-fondateur du *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC).

HULOT Nicolas



D.R

Nicolas Hulot a été successivement journaliste-reporter, animateur-producteur de télévision et écrivain.

À partir de 1987, Nicolas Hulot présente l'émission télévisée *Ushuaïa, le magazine de l'extrême*, visant à sensibiliser les téléspectateurs français à la sauvegarde de la nature.

Désireux de mettre sa notoriété

au service de la protection de la planète, il crée, en 1990, la Fondation Ushuaïa, qui devient par la suite la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme. Reconnue d'utilité publique en 1996, l'ONG se fixe alors un double objectif : informer le public de l'état écologique de la planète et convaincre le plus grand nombre de la nécessité de changer ses comportements.

En 2005, Nicolas Hulot invite députés et sénateurs à se prononcer par un vote unanime en faveur de la Charte de l'environnement. À travers le Défi pour la Terre, lancé par sa Fondation, en mai 2005, il fédère plus de 850 000 personnes qui s'engagent à agir quotidiennement pour le bien de la planète.

Fin 2006, Nicolas Hulot propose un Pacte écologique aux candidats à l'élection présidentielle de 2007 afin de les inciter à placer les enjeux écologiques et climatiques au cœur de l'action publique. Fort de cette mobilisation citoyenne, il contribue, dès septembre 2007, avec les experts de sa Fondation, à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement.

Mû par sa volonté de montrer que l'écologie doit constituer le cœur de l'action publique et privée, Nicolas Hulot crée, avec sa Fondation, un laboratoire d'idées innovantes et un laboratoire d'actions pour la transition écologique de nos sociétés.

En décembre 2012, en tant que président de sa Fondation et à titre bénévole, il est nommé envoyé spécial du Président de la République pour la protection de la planète.

Le 17 mai 2017, Nicolas Hulot est nommé ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire dans le gouvernement Édouard Philippe.

JOYA Laure

Laure Joya est adjointe au chef du bureau Asie et Océanie de la sous-direction Relations bilatérales à la direction du Trésor au ministère de l'Économie et des Finances.

LAVERGNE Richard



D.R

Richard Lavergne est ingénieur général du Corps des Mines, diplômé de l'École polytechnique (promotion 75) et de l'École supérieure de métrologie et de télécom ParisTech. Depuis janvier 2017, il est membre permanent du Conseil général de l'économie (ministère de l'Économie et des Finances), où il exerce les fonctions de référent « Énergie et climat ». De 2008 à 2016, il a été conseiller à la fois auprès du directeur général de l'énergie et du climat (DGEC) et de la commissaire générale au développement durable (CGDD), au sein du ministère chargé de l'Environnement et de l'Énergie. À ce titre, il a assuré (notamment) les missions de secrétaire général du Comité pour l'économie verte, de secrétaire général du Comité d'experts pour la transition énergétique, de vice-président du Comité pour la coopération à long terme (*SLT Committee*) de l'Agence internationale de l'énergie et de président pour l'Union

européenne (UE) du groupe thématique sur les marchés et les stratégies énergétiques dans le cadre du dialogue énergétique UE-Russie. De fin 2012 à mi-2013, Richard Lavergne a été fortement impliqué dans le Débat national pour la transition énergétique et, depuis 2008, il est également membre du comité directeur de l'Association française des économistes de l'énergie. De 1995 à 2008, il a été directeur de l'Observatoire de l'énergie et des matières premières au sein du ministère chargé de l'Énergie. De 1990 à 1995, il a été directeur du Réseau national d'essais (RNE), l'organisme national d'accréditation pour les laboratoires d'essai et d'analyse.

MAKAROFF Neil



D.R

Neil Makaroff est diplômé de Sciences Po Grenoble en gouvernance européenne. Après une expérience à Bruxelles auprès de la représentation de la région Rhône-Alpes, puis au sein d'une organisation assurant la promotion du transport ferroviaire et du report modal, il a rejoint le Réseau Action Climat en 2017. Il y est en charge des politiques européennes, en particulier du paquet « Climat et énergie 2030 ».

MENDILUCE María



D.R

María Mendiluce is Managing Director & Senior Management Team, WBCSD. Dr. María Mendiluce joined the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) in 2008. Her 20 years' experience in the energy sector, her policy background and her personal leadership have been instrumental to WBCSD's work. She has developed the organization's *Climate and Energy* strategy, that guides WBCSD member companies in efforts to positively influence the global climate landscape. María Mendiluce created and led the Low Carbon Technology Partnerships initiative (LCTPI) with over 185 global companies, one of WBCSD's most successful flagship projects. LCTPI helped mobilize CEOs and businesses to push for the successful Paris Agreement and its current implementation through tangible low-carbon solutions. In 2016, María Mendiluce became part of WBCSD's Senior Management Team (SMT) and is now also managing WBCSD's work on cities, transport and circular economy. In this capacity, María Mendiluce has conducted important work around identifying global megatrends to help companies navigate the current global reality. She is now starting a new program on the Future of Mobility which could become WBCSD new Flagship project. Prior to joining WBCSD, María Mendiluce worked for the International Energy Agency, Iberdrola and the Economic Bureau of the Spanish Prime Minister, where she deve-

loped the country's first sustainable development strategy. María Mendiluce presented her doctoral thesis on the *Evolution of Spanish Energy Intensity* in Madrid at the Universidad Pontificia de Comillas. She also teaches at the University of Geneva, coaches students, and is recognized for her contributions to scientific journals and international conferences. In 2016, she received the "Inspirational women in Geneva working for the environment" award. In 2017, she initiated the first-ever Leading Women's Awards on International Women's Day as part of WBCSD's work on gender equality (SDG5).

MÜLLER Michael



©Martin BeckerSenatskanzlei

Michael Müller est, depuis le 11 décembre 2014, le maire social-démocrate de Berlin, il gouverne ainsi à la fois la capitale de l'Allemagne et le *Land* de Berlin. Le gouvernement actuel du *Land* (le Sénat de Berlin) résulte d'une coalition entre le parti social-démocrate d'Allemagne (SPD), le parti de gauche *Die Linke* et le parti écologiste *Bündnis 90/Die Grünen*.

En 1996, Michael Müller est élu au Parlement de Berlin, et devient en 2001 le chef du groupe constitué par son parti. De 2011 à 2014, il est élu Sénateur chargé du développement urbain et de l'environnement et, dès cette période, il apporte une forte impulsion à la politique berlinoise de préservation du climat.

OLIVA Patrick



D.R

Patrick Oliva est ingénieur chimiste, docteur en sciences physiques et diplômé de l'Institut d'administration des entreprises. De 1975 à 1978, il enseigne à l'Institut de préparation aux études supérieures (IPESUP) à Paris et soutient sa thèse de doctorat en 1979.

De 1979 à 1981, il travaille en qualité d'ingénieur de recherche au sein de la SAFT (fabricant de batteries).

En 1982, il rejoint le groupe Michelin et travaille en qualité d'ingénieur au Centre de technologies (à Clermont-Ferrand).

En 1986, il part aux États-Unis en tant que directeur du personnel du Centre de recherche de Greenville.

En 1989, il revient en France pour exercer pendant six ans des activités de recherche à Ladoux (Centre de technologie du groupe Michelin).

En 1996, il est nommé directeur de la communication du groupe Michelin. C'est dans ce poste qu'il crée notamment le Challenge Bibendum, un événement international dédié à la mobilité durable, précurseur de *Movin'On*.

De 2001 à 2007, il occupe les fonctions de directeur délégué auprès des gérants du groupe Michelin et est secrétaire du conseil exécutif du groupe.

De janvier 2008 à avril 2015, il est directeur de la prospective et du développement durable. Il est également secrétaire général du *Corporate Innovation Board* et membre du conseil exécutif élargi du groupe.

En mai 2015, il est nommé directeur des relations extérieures pour la mobilité durable et la transition énergétique. Il arrête ses activités chez Michelin en février 2017.

Parmi ses nombreux engagements internationaux, il est notamment membre de l'*Energy Business Council (IEA)* et co-fondateur, avec SLoCaT, du partenariat *PPMC – Paris Process on Mobility and Climate* – chargé d'animer le sujet Transport dans le *Global Climate Action Agenda* des COP21 et 22. PPMC est à l'origine de la macro-feuille de route de décarbonation/modernisation du transport (2020-2050+) présentée à Marrakech (lors de la COP22).

RANKOVIC Aleksandar



D.R

Aleksandar Rankovic est chercheur à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri), où il travaille sur les interactions entre sciences et politiques environnementales, en particulier sur les dossiers de biodiversité et de climat. Ses recherches actuelles portent notamment sur l'IPBES, les relations océans-climat et les

« solutions fondées sur la nature ». Il est titulaire d'un doctorat en écologie de l'Université Pierre et Marie Curie (sa thèse traite des dynamiques de long terme du carbone et de l'azote dans les écosystèmes urbains). Il est également diplômé de Sciences Po en affaires internationales et a été chercheur en visite à l'Université d'Harvard, dans le cadre du programme « Science, technologie et société » de la *Kennedy School*.

REICHE Stéphane

Stéphane Reiche est, depuis le 1^{er} septembre 2017, délégué général auprès de la directrice générale du port de Marseille Fos.

Polytechnicien, il rejoint le corps des Mines en 2006, où il débute sa carrière dans les domaines de la sidérurgie (Saint-Gobain) en Allemagne, puis de l'automobile (Renault) en Chine. Nommé en 2009 à Marseille, en tant qu'adjoint, puis chef du service prévention des risques à la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Provence-Alpes-Côte-d'Azur, il rejoint en 2012 la direction générale de l'énergie et du climat en tant que chef du bureau Sécurité d'approvisionnement. Depuis 2014, il était en poste à l'ambassade de France à Berlin (Allemagne), en tant qu'adjoint à la chef du service économique régional, en charge plus particulièrement des transports, de l'énergie et de l'environnement.

SCHWOOB Marie-Hélène

De formation pluridisciplinaire (AgroParisTech-Sciences Po Paris), Marie-Hélène Schwoob conduit à l'Iddri des recherches sur les thématiques de durabilité et de transition



D.R

des systèmes agroalimentaires. Elle coordonne notamment l'Initiative Trajectoires de transformation agricoles (ATPi), qui vient en appui de pays dans la formulation et la mise en œuvre de leurs trajectoires nationales de transition vers des systèmes plus durables, une action conduite sous l'égide de l'UN-SDSN et en partenariat avec des centres de recherche,

tels que *Wageningen University*. Elle a auparavant assuré la mise en œuvre du programme Énergie-Environnement du *think tank* Asia Centre, avant de rejoindre l'Iddri, en 2011, en parallèle d'un doctorat en sciences politiques au CERI sur la modernisation de l'agriculture chinoise (thèse soutenue en 2015). Elle est membre du comité de rédaction du *Demeter*.

SÉNARD Jean-Dominique



D.R

Jean-Dominique Sénard est président de la gérance du groupe Michelin. Il est par ailleurs, depuis 2015, président de l'Association française des Entreprises pour l'Environnement (EpE). EpE rassemble une quarantaine de grandes entreprises qui partagent une même vision de l'environnement, celle d'une source de progrès et d'opportunités,

et travaillent ensemble à mieux intégrer celle-ci à leurs stratégies et à leur gestion courante.

TREYER Sébastien



D.R

Ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur des ponts, des eaux et des forêts et docteur en gestion de l'environnement, Sébastien Treyer est, depuis janvier 2010, directeur des programmes de l'Iddri (Institut du développement durable et des relations internationales). Ses travaux de recherche sont centrés sur l'utilisation des démarches de

prospective au service de la gestion de l'environnement. Sébastien Treyer est président du comité scientifique et technique du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) et est membre du comité de rédaction de la revue *Nature, Sciences, Sociétés*.

TUDDENHAM Mark



D.R

Mark Tuddenham est responsable de l'information au CITEPA depuis 2002. À ce titre, il assure, aux niveaux national, européen et international, une veille politique, législative et scientifique en matière de climat-air-énergie. Il réalise également des synthèses et analyses publiées dans plusieurs supports d'information du CITEPA (site Web,

lettre d'information, etc.), des productions destinées essentiellement aux membres du CITEPA et aux décideurs politiques nationaux. Il assure le suivi de la mise en œuvre de l'Accord de Paris et des négociations au sein de la CCNUCC, le suivi des travaux au sein de différentes organisations et enceintes internationales intervenant sur le climat (GIEC, OCDE, AIE...), le suivi des travaux de recherche et de prospective internationaux portant sur la décarbonation, ainsi que le suivi des politiques et mesures mises en œuvre dans les grands pays émetteurs en matière de climat. Avant de travailler au CITEPA, il a été chargé d'études à la Mission interministérielle de l'effet de serre (MIES), à l'Institut français de l'environnement (IFEN) et à l'Institut pour une politique européenne de l'environnement (IEEP). De nationalité britannique, il parle couramment l'anglais, le français, l'allemand et l'italien.

TUTENUIT Claire

Ingénieure du Corps des Mines, Claire Tutenuit est délégué général de l'Association française des Entreprises pour l'Environnement (EpE).

Créée en 1992, cette association regroupe une quarantaine de grandes entreprises françaises et internationales issues de tous les secteurs de l'économie qui veulent mieux prendre en compte l'environnement dans leurs décisions stratégiques et dans leur gestion courante.

VARIN Philippe



D.R

Philippe Varin est le président d'ICC-France (*International Chamber of Commerce*).