

ANNALES DES MINES

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

UNE CROISSANCE VERTE ?

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT N° 61



SÉRIE TRIMESTRIELLE DES

ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

*Publiées avec le soutien
du ministère de l'Économie,
des Finances et de l'Industrie*

JANVIER 2011
NUMÉRO 61
PRIX : 23 €
ISSN 1268-4783

ISBN 978-2-7472-1778-1



9 782747 217781

JANVIER 2011



ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Publiées avec le soutien du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.
Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

ISSN : 1268-4783
Série trimestrielle • n° 61 - janvier 2011

Rédaction

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

Pierre Couveinhes

Rédacteur en chef des *Annales des Mines*
Avec le concours de **Bruno Sauvalle**, ingénieur en chef des Mines

Gérard Comby

Secrétaire général de la série « Responsabilité & Environnement »

Martine Huet

Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier

Lecteur

Membres du Comité d'orientation

Philippe Saint Raymond

Président du comité d'orientation,
Responsable éditorial
Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies

Dominique Bernard

Afite, Président d'honneur

Paul-Henri Bourrelier

Ingénieur général des Mines, Association française pour la prévention des catastrophes naturelles

Jacques Brégeon

Collège des hautes études de l'environnement et du développement durable, ECP, INA P-G, SCP-EAP

Christian Brodhag

Ecole nationale supérieure des Mines de Saint-Etienne

Xavier Cuny

Professeur honoraire Cnam, Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels

William Dab

Cnam, Professeur

Daniel Fixari

Ecole des Mines de Paris, Centre de gestion scientifique

Odile Gauthier

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), Direction de l'eau et de la biodiversité

Christian Huglo

Avocat

Vincent Jacques le Seigneur

Secrétaire général de l'INES, Maître de conférences à Sciences-Pô, Paris

Vincent Lafèche

Ineris, Directeur général

Jean-Luc Laurent

Laboratoire national de métrologie et d'essais, Directeur général

Yves Le Bars

Cemagref

Patrick Legrand

Inra, Vice-Président de la Commission nationale du débat public

Benoît Lesaffre

CIRAD

Geneviève Massard-Guilbaud

Ecole des Hautes études en sciences sociales, Directrice d'Etudes

Laurent Mermet

Engref

Alain Morcheoine

Ademe, Directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique

Pierre Frédéric Tenière-Buchot

Consultant environnement, Conseiller spécial au programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)

Gilbert Troly

Administrateur de la chambre syndicale des industries minières

Eric Vindimian

CEMAGREF

Membres du Comité de Rédaction

Philippe Saint Raymond

Président du Comité de rédaction,
Ingénieur général des Mines honoraire

Pierre Amouyel

Ingénieur général des Mines honoraire

Paul-Henri Bourrelier

Ingénieur général des Mines honoraire, Association française pour la prévention des catastrophes naturelles

Fabrice Dambrine

Haut fonctionnaire au développement durable, MEFI

Pascal Dupuis

Chef du service du climat et de l'efficacité énergétique, Direction générale de l'énergie et du climat, MEDDTL

Jérôme Goellner

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

Rémi Guillet

Ingénieur général des Mines, CGIET, MEFI

Jean-Luc Laurent

Directeur général du Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE)

Richard Lavergne

Chargé de mission stratégique Energie-Climat au Commissariat général au développement durable, MEDDTL

Bruno Sauvalle

Ingénieur en chef des Mines, CGIET, MEFI

Gilbert Troly

Administrateur de la Chambre syndicale des Industries minières

Table des annonceurs

- ✓ Annales des Mines : 3^e - 4^e de couverture - pages 4 et 6.
- CONEXPO-CON/AGG 2011 : 2^e de couverture.

Photo de couverture

- ✓ Thermographie aérienne infrarouge du quartier de l'Etoile à Paris. La couleur bleue indique une bonne isolation. Le jaune et le blanc, une déperdition de chaleur. Photo © Gilles Rolle/REA

Abonnements et ventes <http://www.eska.fr>

Editions ESKA
12, rue du Quatre-Septembre, 75002 Paris
Serge Kebabchi : Directeur de la publication
Tél. : 01 42 86 55 65 - Fax : 01 42 60 45 35
Tarifs : voir bulletin (pages 159 et 160)

Conception

Hervé Lauriot-Prévost

Iconographie

Christine de Coninck

Publicité

J.-C. Michalon - ECC
2, rue Pierre de Ronsard 78200 Mantes-la-Jolie
Tél. : 01 30 33 93 57 - Fax : 01 30 33 93 58
Vente au numéro par correspondance et disponible dans les librairies suivantes : Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ; Marque-page - LE CREUSOT ; Privat, Rive-gauche - PERPIGNAN ; Transparence Ginetet - ALBI ; Forum - RENNES ; Mollat, Italice - BORDEAUX.

RESPONSABILITÉ

SOMMAIRE

UNE CROISSANCE VERTE ?

5 Éditorial

BRUNO SAUVALLE

7 Avant-propos

HÉLÈNE SERVILLE et Richard LAVERGNE

1. Des fondamentaux vers des politiques publiques diversifiées

9

Les propositions du rapport Stiglitz : qu'apportent-elles au pilotage de la croissance verte ?

Didier BLANCHET

14

Etats Généraux de l'Industrie : quelle place pour le « vert » dans la politique industrielle française ?

Luc ROUSSEAU

20

L'Economie verte : une réponse aux défis du XXI^e siècle

Michèle PAPPALARDO



© Imaginechina/ZUMA-REA

25

Mobilisation pour une croissance verte au Maroc

Amina BENKHADRA

32

La stratégie de l'OCDE pour une croissance verte

Nathalie GIROUARD

2. TIC et ressources pour une économie plus verte

38

Le soutien au développement des nouvelles techniques de l'énergie (NTE), pour accompagner la transition énergétique vers une économie décarbonée, plus sûre et compétitive

Pierre-Franck CHEVET

47

Comment caractériser l'efficacité des politiques de réduction des émissions de GES ?

Une méthode d'analyse en univers incertain

Stéphane AMANT

54

Les énergies renouvelables à l'horizon 2020 et au-delà

Alain LIEBARD

64

La contribution des éco-TIC à la protection de l'environnement

Jean CUEUGNIET

71

Croissance des PME et développement durable

André-Jean GUERIN

& ENVIRONNEMENT

Janvier 2011 ◆ Numéro 61



© Gilles Rolle/REA

78

Gestion durable des ressources (Key Elements for Economy-wide Sustainable Resource Management)
Stefan BRINGEZU

3. Recherche et innovation pour vaincre les « verrous »

88

Des démarches stratégiques pour une nouvelle organisation de la recherche française et européenne dans le domaine de l'énergie
Olivier APPERT

92

Les défis technologiques et industriels des énergies décarbonées
Jean THERME

98

Les pôles de compétitivité, moteurs de la croissance verte
Alain SCHMITT

105

L'innovation, clé de la croissance verte
François DROUIN

109

Du fonds démonstrateur aux investissements d'avenir : promouvoir une offre française dans le domaine des technologies vertes
François MOISAN

116

Politique énergétique européenne : quelles stratégies technologiques, pour une croissance intelligente et durable ?
Raffaele LIBERALI

4. Nouveaux modes de vie pour accompagner la transition

122

Les conditions de la « croissance verte »
Alain GRANDJEAN

128

Les villes « post-carbone » moteurs de l'économie verte de demain ?
Jacques THEYS

134

Energie et Territoires : Vers un concept « Energie 2.0 » avec les collectivités locales
Gérard MAGNIN

140

Une croissance urbaine soutenable
Pierre-Noël GIRAUD

HORS THÈME

145

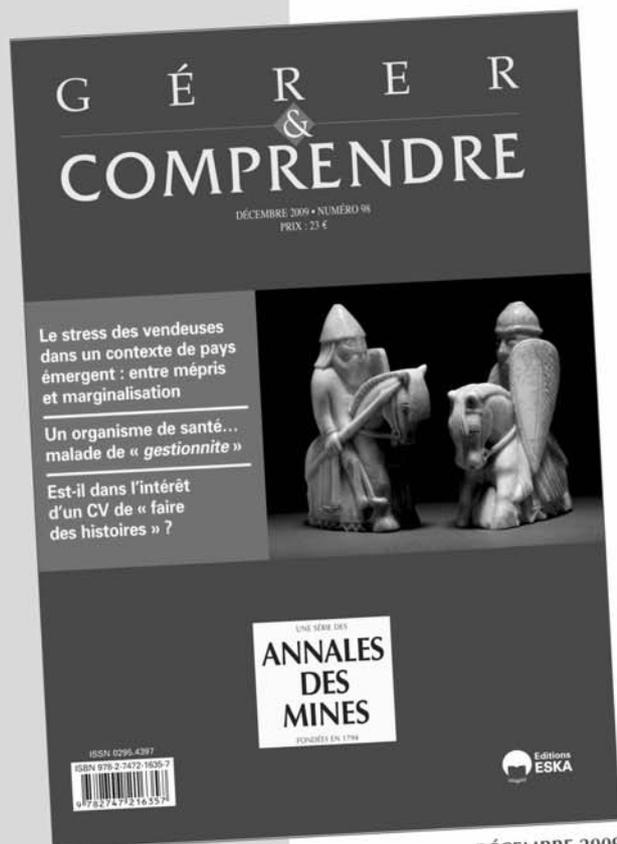
IN MEMORIAM : Marcel Lemoine
Jacques DEBELMAS

Dossier coordonné par
Hélène SERVELLE et Richard LAVERGNE

G É R É R & COMPRENDRE

SOMMAIRE

- LE STRESS DES VENDEUSES DANS UN CONTEXTE DE PAYS ÉMERGENT : ENTRE MÉPRIS ET MARGINALISATION
Par Lamia HECHICHE-SALAH, Mourad TOUZANI et Asma AYARI
- DES GOUVERNEMENTS LIBÉRAUX FACE À DES CONFLITS SOCIAUX
Par Jean-Louis PEAUCELLE
- UN ORGANISME DE SANTÉ... MALADE DE « GESTIONNITE »
Par Mathieu DETCHESSAHAR et Anouk GREVIN
- DU « DÉVELOPPEMENT DURABLE » AU « DÉVELOPPEMENT RENTABLE » : CHRONIQUE DE LA MARGINALISATION D'UNE DÉMARCHÉ DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS UNE GRANDE ENTREPRISE
Par Aurélien ACQUIER
- LES APPORTS DE L'APPROCHE OPTIONNELLE À LA VALORISATION : LE CAS D'eBay
Par Marie PEREZ et Safwan MCHAWRAB
- EST-IL DANS L'INTÉRÊT D'UN CV DE « FAIRE DES HISTOIRES » ?
Par Thierry BOUDES, Loïc CADIN et Jean PRALONG
- Arnaud TONNÉLÉ
JOSEPH JACOTOT, UN COACH AU XIX^e SIÈCLE
À propos du livre de Jacques Rancière *Le Maître ignorant - Cinq leçons sur l'émancipation intellectuelle*, 10-18, 1^{re} éd., Paris, Éditions Fayard, 1987
- Sylvie CHEVRIER
RECENSION
À propos du livre de Jean-Pierre Segal, *Efficaces ensemble - Un défi français*, Paris, Éditions du Seuil, 2009
- Daniel FIXARI
PATRON DE RENAULT
À propos du livre de Cyrille Sardais *Patron de Renault - Pierre Lefauchaux (1944-1955)*, Paris, Les Presses de Sciences Po, 2009
- Christian HERRAULT
L'ÉPREUVE DES DIFFÉRENCES : L'EXPÉRIENCE D'UNE ENTREPRISE MONDIALE
À propos du livre de Philippe d'Iribarne *L'épreuve des différences : l'expérience d'une entreprise mondiale*, Paris, Éditions du Seuil, 2009



DÉCEMBRE 2009
ISSN 0295.4397
ISBN 978-2-7472-1635-7

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions AGPA-ESKA, Muriel DUBOSQUET, 4, rue Camélinat, 42000 SAINT-ÉTIENNE
Tél. : 04 77 43 26 73 - Fax : 04 77 41 85 04 - muriel.dubosquet@eska.fr <http://www.eska.fr>

- Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de *Gérer & Comprendre* décembre 2009 - numéro 98 (ISBN 978-2-7472-1635-7) au prix unitaire de 23 € TTC.
- Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA
 un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z
- Nom Prénom
- Adresse
- Code postal Ville

Éditorial

Vous avez dit : « Croissance verte ? » Notre langage s'enrichit régulièrement d'expressions qui, à elles seules, résument une certaine vision de l'évolution de notre société et de notre économie. Certaines de ces expressions, comme, par exemple, la « nouvelle économie », ont vu leur succès initial largement remis en cause par les événements qui ont suivi leur apparition. D'autres, à l'instar du « développement durable », sont désormais considérées comme des références incontournables pour appréhender l'avenir.

L'expression « croissance verte » délivre implicitement un message simple : l'idée que non seulement la prise en compte des préoccupations environnementales est une nécessité pour le développement de notre société (ce qui correspond au concept de développement durable), mais qu'elle est aussi, en soi, une opportunité de développement économique et de création d'emplois. Loin de s'opposer au développement économique, la prise en compte de l'environnement deviendrait donc un des principaux moteurs de notre croissance future...

S'il est séduisant, ce concept correspond-il bien à la réalité ?

A chacun de se faire son opinion, à la lecture des différents témoignages apportés dans ce numéro des Annales des Mines.

Nous soulignerons ici deux points.

En premier lieu, l'essentiel des actions et des programmes lancés sous le label de « croissance verte » concernent (directement ou indirectement) le secteur de l'énergie, qu'il s'agisse des économies d'énergie ou des nouvelles technologies énergétiques (isolation des bâtiments, réseaux électriques intelligents, énergie solaire, véhicules électriques...). Le point focal de tous ces programmes est la double réduction, à la fois de nos émissions de CO₂ et de notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles. A ce titre, l'expression « transition énergétique » serait sans doute plus appropriée. Par ailleurs, le secteur du nucléaire reste le grand absent de ce débat : trop controversé pour bénéficier du label de « croissance verte », il continue néanmoins à se développer de façon substantielle en France et il connaît un certain renouveau (bien que timide) à l'étranger.

En second lieu, la notion de croissance fait généralement référence à la croissance nominale de notre produit intérieur brut (PIB). Or, comme le rappelle dans ce numéro Didier BLANCHET, une catastrophe écologique génère (du fait qu'elle va générer d'importants travaux pour remettre l'environnement en son état initial) un surcroît d'activité, qui va se traduire par une augmentation du PIB, mais qui ne correspond pas à une augmentation réelle du bien-être global. A ce titre, l'ensemble des actions que nous allons devoir entreprendre durant les prochaines décennies pour accompagner la transition énergétique constitueront, assurément, au niveau national, un volume de créations d'emplois et un volume d'activité conséquents, ainsi qu'une source d'opportunités considérables de développement à l'international.

Mais la réponse à la question de savoir si cette transition énergétique s'accompagnera d'une augmentation du bien-être général ou bien si elle demandera à chacun de sacrifier une partie de son confort et de son niveau de vie, n'est malheureusement pas encore connue à ce jour.

Bruno SAUVALLÉ

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

une série des Annales des Mines

SOMMAIRE

APRÈS LA CRISE FINANCIÈRE : UN RETOUR À L'ÉCONOMIE RÉELLE ?

Éditorial *Pierre Couveinhes*

Avant-propos *Christian Stoffaës et Xavier Dalloz*

I. Un diagnostic pour dépasser la crise

Les causes véritables du chômage *Maurice Allais*

Retour aux fondamentaux *Marcel Boiteux*

Pour des ingénieurs socio-économistes *Caude Martinand*

Envie d'aventures *Francis Mer*

II. Paroles d'économistes

Manifeste pour l'économie réelle. Les économistes ont-ils une responsabilité dans la crise ? *Christian Stoffaës*

Pour en finir avec l'hégémonie du lien économique *Michel Berry*

III. Paroles d'entrepreneurs

La crise ! Quelle crise, ou plutôt : quelles crises ?

André Lamotte

L'investissement de l'Etat dans les hautes technologies : une approche keynésienne *Daniel Pichoud*

Revenir à la dissociation historique des métiers financiers

Pierre-Henri Leroy

La stratégie du luxe : un point fort pour la France / une stratégie d'entreprise pour le monde qui advient

Vincent Bastien

La crise, catalyseur du rétablissement de la primauté de l'économie réelle sur l'économie virtuelle *Franck Biancheri*

IV. Paroles de scientifiques

Crises et métrologie. A quoi sert la prospective ?

Thierry Gaudin

Reconstruire la compétitivité de la France et de l'Europe

André-Yves Portnoff et Xavier Dalloz

V. Paroles d'ingénieurs

L'économie numérique, un défi systémique

Jean-Pierre Corniou

Le rôle des *Business Angels* dans le financement de la croissance des PME innovantes *Interview d'Eric Berthaud par Bernard Neumeister*

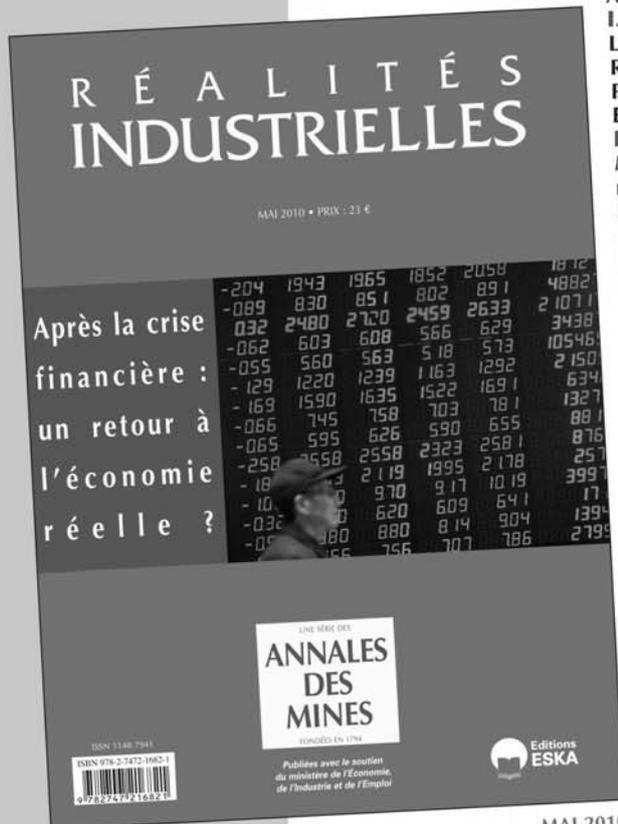
La culture, une des clés du développement durable

Hervé Digne

Après la crise financière : un retour vers l'économie réelle ? ou : la France dans l'économie mondialisée

Grégoire Postel-Vinay

Ce numéro a été coordonné par *Christian Stoffaës et Xavier Dalloz*



MAI 2010
ISSN 1148.7941
ISBN 9-2-7472-1682-1

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 65 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de *Réalités Industrielles* mai 2010 « Après la crise financière : un retour à l'économie réelle ? » (ISBN 978-2-7472-1682-1) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Avant-propos

par Hélène SERVEILLE* et Richard LAVERGNE**

Qu'est-ce que la « croissance verte » ? Cette expression, pourtant bien répandue, n'a pas été définie pour l'instant de manière aussi précise que celle du « développement durable » (rapport Brundtland, 1987), avec laquelle elle a cependant des liens étroits. Le concept est encore évolutif, et on discute de son principe et des bonnes pratiques associées dans les instances internationales concernées, notamment l'UE, l'OCDE ou le PNUE (1).

Le Gouvernement français défend une distinction entre :

- ✓ d'une part, la « croissance verte », qui correspondrait au développement accéléré de nouvelles technologies et de nouveaux services permettant d'atteindre des modes de vie et de production plus sobres et moins « carbonés » qu'actuellement,

- ✓ d'autre part, l'« économie verte », qui serait un objectif à atteindre pour une humanité en expansion dans un monde aux ressources limitées.

Les filières de la croissance verte concernent tous les types de ressources naturelles dont les quantités sont limitées, tant au niveau de leur consommation (TIC (2), nanotechnologies, *smart grids*, espace, chimie verte...) que de leur production (énergies renouvelables et « bas carbone », eau, recyclage, produits alimentaires, captage et stockage du carbone...).

Le présent numéro des Annales des Mines ne peut traiter de façon égale tous les aspects de la croissance verte. Ainsi, les champs de l'agriculture, de la pollution de l'air, de l'eau, des sols ou de la protection de la biodiversité y sont relativement moins développés que les aspects relatifs à l'énergie, au climat et aux matières premières.

Les négociations internationales sur le climat et les engagements qu'elles entraînent ou peuvent entraîner, y compris par leurs conséquences financières, conduisent les pays les plus concernés à investir dans la croissance verte. C'est en effet leur intérêt bien compris en temps de profonde crise économique, car c'est une façon de faciliter l'acceptation par leurs citoyens des efforts qui leur sont demandés au titre de ces engagements, ainsi qu'une volonté de saisir les opportunités de compétitivité économique. Des distinctions apparaissent, sur la méthode, entre les pays riches qui s'efforcent de « découpler » croissance économique et dégradation de l'environnement, et les pays en développement ou émergents, dont la priorité va à la progression du niveau de vie de leurs habitants. La crise économique a cependant contribué à faire converger les poli-

tiques, tandis que les préoccupations sociales et d'équité entre populations et entre générations se renforcent. Ainsi, on retrouve le concept de développement durable.

Les entreprises peuvent également trouver profit à prendre en compte dans leur activité des considérations environnementales, qui auraient autrefois été considérées comme des externalités négatives au débit de l'économie locale, nationale, voire globale dans le cas des gaz à effet de serre ou de la raréfaction des ressources.

L'adjectif « vert » pourrait paraître réducteur si on le limitait à la préservation de l'environnement. En fait, le champ d'application des démarches et des stratégies annoncées ou mises en place pour la croissance verte va en général bien au-delà, avec des enjeux d'emploi, de politique industrielle, de lutte contre la précarité, d'image, etc., surtout dans un contexte de crise économique. Les entreprises ont ainsi un rôle central, car elles sont concernées à au moins trois niveaux :

- ✓ celui des produits et services qu'elles vendent et qui se doivent d'être de plus en plus « verts », tant pour des motifs de compétitivité que de respect des normes et des incitations,
- ✓ celui de leur insertion dans une société dont elles façonnent les modes de vie par l'innovation et l'effet de mode,
- ✓ enfin, celui de la responsabilité sociétale et environnementale, qui englobe leur activité et en particulier les externalités dont elles sont à l'origine.

La croissance verte paraît *a priori* devoir réunir un large consensus : qui, en effet, pourrait contester l'idéal d'une économie mondiale aussi respectueuse que possible de l'environnement et contribuant à l'accroissement harmonieux du bien-être de l'humanité ? Cependant, même si la majorité des politiques, économistes et journalistes s'accordent sur cet objectif, il existe des écoles de pensée qui expriment des nuances ou des désaccords plus ou moins profonds sur de nombreux sujets, tels que :

- ✓ la décroissance comme moyen de limiter les besoins de l'humanité et de retrouver la frugalité connues par des sociétés dites primitives mais apparemment heureuses ;
- ✓ à l'inverse, la négation de l'intensité de l'impact des effets négatifs que l'homme pourrait faire subir à la Planète ;
- ✓ le paradoxe selon lequel des pays comme les Etats-Unis ou la Chine se révèlent être des champions de la croissance verte grâce à l'essor chez eux de certaines filières

(photovoltaïque, éolien...), alors que leurs performances environnementales sont loin d'être aussi présentables ;

- ✓ le niveau de prise en compte du nucléaire ou de techniques comme le « charbon vert » (par exemple, les centrales de production d'électricité au charbon couplées à un système de captage et de stockage du carbone)...

En prenant du recul et indépendamment de ces controverses, il est probable que la mise en place d'une stratégie de croissance verte tant par un Etat que par un agent économique peut être rapprochée des grandes phases de progrès de la gestion du travail et des organisations : le taylorisme du début du XX^e siècle, la « rationalisation des choix budgétaires », pour les administrations, dans les années 1970, la « gestion de la qualité » dans les années 1980-90, etc.

La croissance verte et la gestion de la qualité, par exemple, présentent toutes deux une ambition de transcendance et de transversalité. La croissance verte innove de par la forte implication des associations et des ONG environnementales, ainsi que par la mobilisation du grand public, et donc des politiques. Un facteur commun à ces stratégies de changement est qu'elles marquent leur époque, les mutations qu'elles entraînent conduisant à modifier durablement les modes de vie, ainsi que la gestion des entreprises ou des organisations. Elles s'imposent aux décideurs publics parce qu'elles contribuent au processus de sélection, épargnant (voire dynamisant) les acteurs les plus proactifs et faisant, au contraire, disparaître ceux qui n'ont pas su s'adapter à temps.

L'apprentissage de la croissance verte s'accompagne inévitablement de divergences sur la pertinence des moyens mis en œuvre : des résistances et des critiques se manifestent tant sur les finalités (« effet de mode », « *green washing* »...) que sur les fondements théoriques (« coût-avantage », « bulle verte », « incertitudes »...). Les arguments continuent de s'échanger (c'est d'ailleurs une des explications du point d'interrogation accompagnant le titre de ce numéro des Annales). Malgré ce débat, la nouvelle démarche se répand inexorablement et tend à devenir consensuelle, même si elle peut connaître des hauts et des bas, comme le prouvent les négociations sur le climat. D'ici une ou deux décennies, il se peut aussi qu'elle soit dépassée par une nouvelle école de pensée.

Le présent numéro des Annales des Mines ne cherche pas à paraphraser ou à trancher les débats entre ces différentes

analyses ou visions. Après avoir approfondi le concept de « croissance verte » ou d'« économie verte », il s'attache à faire s'exprimer des acteurs et des experts reconnus qui se sont engagés dans diverses démarches de développement durable. Leur parole permet de mieux comprendre leurs actions et d'en apprécier les enjeux et les objectifs, tout en identifiant les contraintes et les moyens avec lesquels ils doivent composer. La somme des contributions réunies dans ce numéro des Annales des Mines, écrites par ces éminents experts et décideurs issus des pouvoirs publics comme du secteur privé ou associatif, de France et d'autres pays, témoigne de l'intérêt du sujet. Qu'ils en soient tous et chacun vivement remerciés.

Le choix éditorial qui a présidé à la mise au point de ce numéro consacré à la « croissance verte » fait apparaître quatre parties :

- ✓ Des fondamentaux vers des politiques publiques diversifiées ;
- ✓ TIC et ressources pour une économie plus verte ;
- ✓ Recherche et innovation pour forcer les « verrous » ;
- ✓ Nouveaux modes de vie pour accompagner la transition.

L'ordre retenu pour les présenter peut prêter à discussion, par exemple le fait d'avoir placé la modification des modes de vie après la recherche et l'innovation ou la mise en exergue du rôle des TIC dans une économie « plus verte ». Le choix éditorial assume l'idée que les moteurs de la croissance verte seront d'abord basés sur les évolutions technologiques. Il assume également le rôle particulier des TIC, ces technologies au caractère diffusant et transverse étant encore loin d'avoir exprimé tout leur potentiel en la matière.

L'avenir dira si ce choix éditorial était le bon. En tout cas, dans les prochains mois, il ne manquera pas d'occasions d'en débattre et les coordonnateurs du numéro espèrent que celui-ci sera utilisé comme une référence utile.

Notes

* Ingénieur général des Mines.

** Ingénieur général des Mines.

(1) Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

(2) TIC : technologies de l'information et de la communication.



Les propositions du rapport Stiglitz : qu'apportent-elles au pilotage de la croissance verte ?

Le rapport Stiglitz a passé en revue les principales approches disponibles en matière d'indicateurs de développement durable. La production d'un indice phare de durabilité globale lui a paru un objectif hors d'atteinte. En particulier, il ne suffit pas de « verdir » le PIB pour dégager des messages clairs sur le caractère soutenable de notre modèle de croissance. L'approche privilégiée par le rapport est plutôt une approche dite « par les stocks », qui s'efforce de suivre les niveaux des différents facteurs ou freins à la croissance, qu'ils soient de nature économique, sociale ou environnementale.

par Didier BLANCHET*

Le rapport de la commission Stiglitz/Sen/Fitoussi (SSF) a été remis en septembre 2009 [1]. Ce rapport n'avait pas pour objectif de se prononcer en faveur (ou en défaveur) de tel ou tel modèle de croissance : il s'agit là, en effet, d'un débat politique et social, qui aurait supposé un format très différent pour la commission qui l'a préparé. Le point de départ principal était de tenter de contribuer à la réconciliation entre les indicateurs usuels de la performance économique ou des progrès sociaux et la façon dont le corps social perçoit ces phénomènes.

La question des indicateurs et celle des politiques ont néanmoins des liens étroits et à double sens. Les indicateurs contribuent à orienter les politiques, et les choix politiques orientent le choix des indicateurs. Une bonne partie du développement de la comptabilité nationale a ainsi nourri (et s'est nourrie) du paradigme de la croissance productiviste, qui a caractérisé les économies de l'après-guerre [2,3]. La réflexion sur les nouveaux indicateurs de richesse interagit donc nécessairement avec les réflexions portant sur la pertinence de ce modèle de croissance.

Quels sont les messages du rapport SSF, si on le relit dans cet esprit ? Nous aide-t-il à mieux définir ce que l'on peut entendre par croissance verte ? Et les indicateurs qu'il suggère de privilégier peuvent-ils aider à piloter celle-ci ? Nous allons examiner cette question en nous appuyant, en priorité, sur la troisième partie du rapport, qui est consacrée à la question environnementale et à la mesure de la soutenabilité.

Au-delà ou à côté du PIB : cinq approches possibles

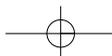
On a mis en exergue les liens étroits qui ont existé entre le développement de la comptabilité nationale et le modèle

de croissance productiviste qu'a privilégié la période des Trente Glorieuses. On sait également quelles sont les limites sur lesquelles cette association a fini par buter.

L'indicateur phare de cette comptabilité nationale est le Produit Intérieur Brut. Il reste difficilement contournable vis-à-vis de l'objectif pour lequel il a été conçu au départ, la régulation conjoncturelle. Mais sa capacité à constituer l'étalon phare du bien-être a toujours été contestée, et les comptes nationaux se défendent d'ailleurs assez fortement au regard de l'accusation d'avoir poussé l'utilisation en ce sens de ce concept [4].

Ces limites du PIB sont tout particulièrement marquées dans le domaine environnemental ; elles tiennent à la fois à son caractère monétaire qui l'empêche de bien valoriser ce qui ne donne pas lieu à échange marchand et au fait qu'il s'agit, avant tout, d'un indicateur du niveau de l'activité économique, ce qui peut conduire à émettre des messages posant problème. Un exemple fréquemment cité est celui de l'effet que peut avoir sur lui une catastrophe écologique, que celle-ci soit d'origine naturelle ou qu'elle découle de l'activité humaine. Dans les cas où une telle catastrophe entraîne un surcroît d'activité économique dû à la remise de l'environnement dans son état initial, il se peut que le PIB envoie un message positif, ce qui n'a de sens que si l'on raisonne en termes d'activité, mais ce qui est évidemment incorrect si l'on raisonne en termes de bien-être.

Ces limites du PIB sont à l'origine d'une littérature très abondante et un très grand nombre de pistes ont été proposées pour essayer d'y remédier. La commission a essayé de proposer sa propre clarification de cette problématique très confuse. Elle a identifié cinq grands groupes d'approches. Une première façon d'échapper à la dominance du PIB consiste à recourir aux tableaux de bord. Les tableaux de bord du développement durable ont ainsi eu tendance à se



multiplier au cours des dernières décennies, que cela soit au niveau local, national ou international.

Les quatre autres approches reviennent, au contraire, à l'idée de chiffre phare, mais en essayant, de façon très variable, de proposer « le » chiffre qui apporte une meilleure réponse que le PIB à la question de l'évaluation du développement durable. Parmi ces quatre approches, la première est celle des indicateurs composites consistant à combiner avec plus ou moins d'arbitraire les informations hétérogènes du type de celles que collationnent les tableaux de bord du développement durable. La seconde est celle du PIB vert, qui semble *a priori* la plus rigoureuse et la plus logique : si le caractère problématique du PIB tient à son absence de composante environnementale, la solution devrait consister à le « verdir » afin qu'il nous délivre – enfin ! – les bons messages... La troisième approche est celle de l'empreinte écologique [5]. Signalons, enfin, un concept (moins connu en France), l'épargne nette ajustée, qui se veut elle aussi un indicateur de soutenabilité, mais plus global que l'empreinte écologique, car prenant en compte à la fois les dimensions économique et environnementale de cette soutenabilité, en y incluant les ressources non renouvelables [6].

La croissance verte se résume-t-elle à la croissance du PIB vert ?

Il n'est pas possible, ici, de revenir sur l'ensemble de l'analyse que le rapport Stiglitz fait de ces cinq approches. Nous allons tout d'abord nous centrer sur les raisons pour lesquelles la commission n'a pas mis l'accent sur la piste du PIB vert. L'idée de ce PIB vert est d'étendre à la dimension environnementale la démarche mise en œuvre pour calculer ce que les comptables nationaux qualifient de Produit Intérieur Net, qui est la mesure d'une production « vraie » nette de la destruction de capital occasionnée par l'acte de production. Calculer un PIB vert, cela revient à étendre cette démarche afin de prendre en compte la destruction de capital naturel occasionnée par cette même activité productive.

Pourquoi cette piste n'a-t-elle pas été privilégiée par la commission ? Il y a à cela une première raison d'ordre pragmatique : à ce jour, les tentatives de construction d'un tel indicateur se sont révélées peu fructueuses. Cette première raison n'est cependant pas suffisante : s'il s'agissait de la bonne piste à suivre, il faudrait s'y atteler, quelles que soient les difficultés techniques. Le problème est plus fondamental : il est inhérent à l'interprétation que l'on pourrait faire des messages que ce PIB vert délivrerait, s'il existait.

Imaginons en effet que sa construction soit réalisable et qu'elle débouche sur le message que tel ou tel pays gros pollueur a un PIB vert qui ne représente que $x\%$ de son PIB (au sens usuel du terme) ou que la croissance de son PIB vert n'est que $y\%$ de la croissance de ce PIB total. L'information aurait évidemment l'intérêt de conduire à des reclassements intéressants entre la « performance » de ce pays et celles de pays ayant une production équivalente, mais plus économes dans leur utilisation des ressources naturelles. Elle ne suffirait pas pour autant à répondre à la

question principale que l'on se pose lorsque l'on pense « croissance verte », à savoir celle de la soutenabilité.

La question de la soutenabilité est en effet plus spécifique ; c'est celle de savoir si le niveau de vie courant peut être maintenu dans le futur ou s'il est obtenu au prix de prélèvements de ressources qui sont de nature à compromettre le bien-être des générations futures.

Or, le PIB vert est insuffisant pour répondre à cette question.

Pour en comprendre la raison, on peut faire temporairement abstraction de la dimension environnementale en se plaçant dans le cas élémentaire exposé par les manuels de macroéconomie, celui d'une économie dont la production et le niveau de vie ne dépendent que d'un seul facteur de production, le capital (au sens classique du terme).

Dans une telle économie, on peut envisager cinq types d'indicateurs. On peut calculer la production totale (Y) ou une production nette de la dépréciation du capital ($Y_N = Y - D$). On peut aussi calculer une consommation instantanée (C), une épargne brute ($E = Y - C$) et une épargne nette ($E_N = Y_N - C = E - D$).

Parmi ces cinq indicateurs, lequel (ou lesquels) privilégier ?

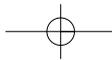
Ne mesurer que la production totale Y serait évidemment insuffisant, mais se contenter d'y substituer la production nette Y_N ne serait pas beaucoup plus informatif sur la soutenabilité.

Si cette économie laisse son capital se déprécier sans compenser cette dépréciation par un quelconque effort d'épargne, sa soutenabilité s'en trouvera menacée. Or, sa production nette la fera apparaître ni plus ni moins soutenable qu'une économie qui connaîtrait la même dépréciation de son capital, mais qui la compenserait par un effort d'épargne suffisant.

On voit ainsi que ce qui peut nous donner la bonne information sur la soutenabilité, c'est plutôt le solde entre cette épargne et la dépréciation du capital. C'est cette épargne nette (E_N) qui nous indique le sens dans lequel évoluent les ressources dont dispose l'économie, et il faut séparer cette notion des deux notions de la production et du bien-être courant. La position de la commission a consisté à dire que si l'on veut décrire l'état et la dynamique de cette économie de manière satisfaisante, il faut s'appuyer au minimum sur deux indicateurs : un indicateur de bien-être courant, qui, sur cet exemple très simple, peut être la consommation, et un indicateur de soutenabilité, qui sera l'épargne nette. La production nette s'en déduit puisqu'elle est la somme de ces deux grandeurs. Elle est intéressante à calculer dans une optique de comparaison entre les performances productives de deux pays, mais elle ne peut rendre compte à elle seule de la soutenabilité.

A partir de cet exemple simplifié à l'extrême, l'intégration de la dimension environnementale est assez simple à concevoir, tout au moins en théorie. Elle doit se faire à deux niveaux :

✓ la mesure du bien-être courant doit dépasser la notion usuelle de consommation pour s'enrichir (notamment)



© John Lowenstein/NOOR

« L'accident écologique équivaut à une perte de capital naturel, qui n'est rattrapée que si suffisamment d'efforts sont consacrés à la réparation de cet accident ». Arbres morts à proximité des gisements de sables bitumineux de l'Athabasca, dans l'Alberta (Canada).

des contributions de l'environnement à la qualité de vie courante – que celles-ci soient positives ou négatives ;
 ✓ la mesure de l'épargne nette devrait intégrer l'évolution nette des « stocks » d'actifs environnementaux, mais pas uniquement. Si la question qui nous est posée est celle de la soutenabilité dans son ensemble, il faut tenir compte de ce que le bien-être futur dépend non seulement de l'accumulation du capital physique et de la préservation des ressources naturelles, mais aussi d'autres actifs non tangibles, tels que le capital humain, la technologie, la qualité des institutions ou encore ce que l'on qualifie habituellement de « capital social ».

L'accent doit être mis sur les pré-requis d'une croissance soutenable : l'approche « par les stocks »

Cette approche de la soutenabilité « par les stocks » n'a rien d'inédit. Elle correspond à ce que la littérature qualifie aussi d'approche par le capital, pour qui accepte de voir ce terme de « capital » appliqué à l'ensemble des actifs qui importent pour la détermination du bien-être futur. Peu avant la mise en route de la commission Stiglitz, une telle approche avait notamment été mise en avant par un rapport conjoint OCDE/Nations Unies/Eurostat [7].

Ses avantages sont multiples. Elle offre en effet un cadre flexible, qui permet de raccorder un grand nombre de problématiques. On voit notamment en quoi ce cadre offre une

définition possible de la croissance verte. La croissance verte serait une croissance qui ne se ferait pas au détriment de la soutenabilité environnementale, c'est-à-dire qui ne porterait pas en elle-même les germes d'un retournement plus ou moins catastrophique dû au fait d'avoir à payer, tôt ou tard, les conséquences d'un excès de prélèvement sur les ressources naturelles. Une telle croissance ne se réduit manifestement pas à la croissance du PIB vert.

On peut aussi vérifier comment ce cadre analytique permet de répondre au problème que soulevait le paradoxe de la hausse du PIB en situation de crise environnementale. Avec une telle batterie d'indicateurs, la crise se traduit à la fois par une perte de bien-être courant et par une dégradation de la soutenabilité – l'accident écologique équivalant en effet à une perte de capital naturel – qui n'est rattrapée que si suffisamment d'efforts sont consacrés à la réparation de cet accident. Le gain d'activité que retrace la hausse du PIB n'apparaît plus comme un gain net. Ce gain sert au mieux à limiter les conséquences négatives de cet accident écologique, qui sont effectivement et correctement retracées (à la baisse) par l'indicateur de bien-être courant et par l'indicateur de soutenabilité.

Mais tout ceci n'est qu'un point de départ. Pour aller plus loin, il faut gérer plusieurs étapes. Une question de base est notamment celle de la liste des actifs à prendre en compte afin de n'oublier aucun des moteurs de la croissance ni aucun des freins possibles au maintien de la qualité de vie. La seconde est de savoir si, une fois cette liste arrêtée, on



peut aller au-delà de la logique « tableau de bord » consistant à mettre côte à côte les indicateurs relatifs aux variations, de ces différents stocks, ou plus exactement à leurs variations ou s'il y a quelque espoir de pouvoir agréger ces informations sous la forme d'un indicateur phare, unique, qui serait à la mesure de la soutenabilité, ce que le PIB essaie d'être à celle de l'activité économique. C'est surtout sur cette question que nous allons insister.

Synthétiser l'approche par les stocks par un indicateur unique : les obstacles

Comme on l'a indiqué, l'approche par tableau de bord joue un rôle important dans le suivi des politiques de développement durable, mais au niveau de décision le plus élevé ou dans une optique de comparaisons internationales, cet instrument souffre de la trop grande richesse d'informations qu'il délivre. Ce qui a fait le succès du PIB, c'est précisément le fait qu'il a adopté le parti exactement inverse, celui d'être un chiffre de référence très englobant, se prêtant à des comparaisons rapides tant dans le temps que dans l'espace. Est-il réaliste de souhaiter la même chose pour le suivi de la soutenabilité ?

Une fois après avoir écarté le PIB vert au profit de l'approche par les stocks, les pistes qui restent pour ce faire sont, soit la promotion de l'empreinte écologique, soit la construction d'un indicateur composite de suivi de ces stocks, soit l'approche de l'épargne nette ajustée.

Or, aucune de ces trois approches n'est apparue sans problème.

L'approche de l'empreinte écologique a été beaucoup discutée, beaucoup défendue, mais aussi très contestée. En même temps que travaillait la commission Stiglitz, elle a d'ailleurs fait l'objet d'autres expertises, sur lesquelles la commission a pu s'appuyer [8, 9]. Cette empreinte écologique est parfaitement compatible avec l'approche par les stocks : elle est une tentative d'évaluer et d'agréger en un indice unique le degré de pression que nous exerçons sur les stocks d'une catégorie particulière de ressources naturelles, les ressources renouvelables.

Mais cet indicateur n'est pas suffisant : il ignore en effet les prélèvements sur les ressources épuisables, sauf dans les cas où ils sont générateurs d'émissions de CO₂. Il ignore les aspects économiques et sociaux du développement : en l'état, les champions de l'empreinte écologique sont des pays à très bas niveaux de revenu, dont la « soutenabilité » économique et sociale est souvent très contestable.

L'empreinte écologique est donc tout au plus une pièce du tableau de bord. Elle ne peut prétendre à le résumer à elle seule. Au demeurant, elle n'a peut-être pas à y figurer telle quelle. Le rapport a notamment rappelé le fait (d'ailleurs reconnu par les promoteurs de l'indice) que l'essentiel des messages qu'elle délivre reflète l'évolution des émissions de CO₂, ce qui a plutôt tendance à inciter à en retenir surtout cette dimension. On évite du même coup les critiques qu'a pu susciter la nature assez conventionnelle et parfois problématique des hypothèses retenues par l'empreinte écologique pour

résumer les autres formes de pression sur les ressources naturelles renouvelables.

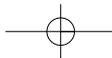
La démarche recourant à des indicateurs composites pose, quant à elle, des problèmes bien connus. Les formules utilisées pour agréger les composantes hétérogènes de l'indicateur sont fatalement arbitraires. Essayer de le fonder sur des procédures statistiques permet certes de limiter cette apparence d'arbitraire, mais rien ne garantit que ces procédures renseignent vraiment sur les pondérations dont il convient d'affecter les différents facteurs de la croissance, ni sur son caractère plus ou moins « vert ».

Reste alors la piste de l'épargne nette ajustée, qui est d'ailleurs celle qui s'inscrit le plus directement dans ce cadre de l'analyse par les stocks. On peut rappeler comment fonctionne l'indice. La base du calcul est l'épargne de la comptabilité nationale, nette de la dépréciation du capital productif ; on lui ajoute l'accumulation du capital humain (souvent mesurée par les dépenses d'éducation, qui en sont une approximation très imparfaite), puis on en retranche les prélèvements sur les ressources épuisables ou renouvelables et on en retranche, enfin, des valorisations monétaires des émissions de différents types de polluants, au premier rang desquels figurent les émissions de CO₂.

Le problème est cette fois symétrique de celui sur lequel débouchait l'empreinte écologique. On débouche sur un indicateur très peu vert, qui pondère beaucoup plus fortement les aspects économiques de la soutenabilité que ses aspects environnementaux.

A l'aune de cet indicateur, le champion actuel de la soutenabilité serait la Chine, du fait de son très fort taux d'épargne, et l'ensemble des pays développés sont en général qualifiés de soutenables. En revanche, sont réputés non soutenables un grand nombre de pays moins développés tirant leurs ressources de l'exploitation de leur sous-sol et réinvestissant insuffisamment ces ressources dans des actifs de substitution, qui constitueraient des sources de revenu permettant de prendre le relais de ces ressources fossiles. De tels messages ne sont pas sans intérêt pour la conduite des politiques économiques dans les pays concernés, mais ils ne correspondent qu'à l'un des volets du problème de la soutenabilité et cette approche laisse totalement insatisfaits les partisans de la notion de soutenabilité dite « forte », pour qui la substitution d'actifs produits par l'homme à des actifs naturels ne saurait outrepasser certaines limites.

Si l'on conserve l'ambition de caractériser la soutenabilité par un chiffre unique, il faut rouvrir cette question de la valorisation relative des différents ingrédients entrant dans la composition de l'indice. La limite de l'épargne nette ajustée est que l'on est là dans un domaine où la valorisation au prix du marché est manifestement insatisfaisante. Ce qu'il faut, idéalement, c'est que les mouvements (positifs ou négatifs) de chacun des types de capitaux entrant dans la composition de l'indice soient valorisés à la hauteur de leurs incidences anticipées sur l'ensemble des trajectoires de bien-être futur. Cela n'est rien d'autre que la généralisation de l'idée selon laquelle la vraie valeur présente d'un actif doit être égale à la somme actualisée de ses « dividendes » nets futurs. Approximer cette information par des prix de



marché, c'est faire l'hypothèse que les marchés sont assez efficaces pour que les prix courants reflètent ces séquences de contributions futures au niveau (ou à la qualité) de vie. Par exemple, si la décroissance actuelle d'un actif naturel nous rapproche d'un seuil critique à partir duquel il doit devenir vital pour la survie humaine, un marché efficace devrait, dès à présent, donner à cet actif une valeur extrêmement élevée, qui le conduirait à jouer un rôle dominant dans l'indice et lui permettrait d'envoyer le signal de non-soutenabilité attendu.

Il va sans dire que le domaine environnemental est celui dans lequel les marchés ont le moins cette capacité à véhiculer l'information adéquate. La réponse théorique à ce problème de valorisation serait donc plutôt à trouver du côté de la modélisation des interactions éco-environnementales et de leurs incidences prévisibles pour le bien-être (*mark to model versus mark to market*), à base d'outils de projection économique-environnementaux intégrés, du type de ceux qui sont mobilisés dans les débats sur le changement climatique [10].

Dans une telle démarche, l'indice ne découle plus de l'observation de données courantes ; il devient une façon de résumer en un chiffre unique les résultats des projections de tels modèles. Mais la commission a relevé que cela nous fait sortir nettement du champ normal de la statistique : qui dit modèle de projection dit hypothèses, incertitude, et donc possibilité de controverse. En l'état, il vaut mieux que ces exercices restent présentés pour ce qu'ils sont, à savoir des exercices prospectifs scénarisés, avec l'explicitation de l'ensemble de leurs résultats et hypothèses. Un *distinguo* doit être maintenu entre la mesure, d'un côté, aussi factuelle que possible, et les exercices de prospective fondés sur ces mesures. Telle est en tout cas la conclusion vers laquelle la commission a convergé.

Un compromis pragmatique : un mini-tableau de bord de la soutenabilité, aussi compact que possible

Résumons-nous. La commission a favorisé l'approche dite « par les stocks », qui permet effectivement de mettre en avant ce que peuvent être à la fois les moteurs et les contraintes d'une croissance verte, et de fédérer la plupart des approches existantes en matière de mesure de la soutenabilité. Elle est liée à l'approche de l'épargne nette ajustée, mais sans s'y réduire, et la commission s'est, de fait, montrée très sceptique sur la possibilité d'agréger l'information portant sur l'évolution de ces stocks sous la forme d'un indice unique. Elle plaide plutôt pour un mini-tableau de bord ramassé dans lequel on n'agrégerait que ce qui peut raisonnablement l'être. La partie agrégée du mini-tableau de bord peut tenter de fusionner l'informa-

tion sur l'épargne (au sens classique du terme) et l'accumulation du capital humain, comme le fait déjà l'épargne nette ajustée, mais sans doute au prix d'améliorations substantielles des mesures « monétaires » de ce capital humain. Elle peut aussi tenter d'y agréger la consommation de ressources naturelles épuisables, pour laquelle on dispose également de valorisations monétaires directes, mais la pertinence de cette agrégation peut d'emblée être jugée plus discutable. Et cette démarche d'agrégation a été clairement exclue pour les autres dimensions environnementales.

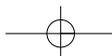
Ces préconisations, qui ne sont qu'une base de discussion, ne remettent pas radicalement en cause des pistes majoritairement suivies par la littérature existante ou par les organisations qui travaillent depuis plusieurs années sur la question de la mesure du développement durable. A beaucoup d'égards, elles sont plutôt dans la continuité de ce mouvement d'ensemble. La principale contribution apportée par le rapport a principalement été de leur avoir conféré un surcroît de visibilité.

Note

* Chef du Département des Études Économiques d'Ensemble, INSEE.

Bibliographie

- [1] STIGLITZ (J.), SEN (A.) & FITOUSSI (J.P.), *Richesse des nations et bien-être des individus*, Odile Jacob, 2009.
- [2] FOURQUET (F.), *Les comptes de la puissance : histoire de la comptabilité nationale et du plan*, Ed. Recherches, Coll. « encres », 1980.
- [3] GADREY (J.) & JANY-CATRICE (F.), *Les nouveaux indicateurs de richesse*. Seconde édition, Repères-La Découverte, 2007.
- [4] VANOLI, *Une histoire de la comptabilité nationale*, Collection Repères, Ed. La Découverte, 2002.
- [5] WACKERNAGEL (M.) & REES (W.), *Our ecological footprint : reducing human impact on the earth* New society publishers, the New Catalyst bioregional series, Gabriola Island, B.C., 1995.
- [6] Banque mondiale, *Where is the Wealth of Nations ? Measuring capital in the 21st century*, The World bank, Washington DC, 2006.
- [7] UNECE/OECD/Eurostat, *Report on measuring sustainable development: statistics for sustainable development, commonalities between current practice and theory*, Working paper, 2008.
- [8] LE CLEZIO (P.), *L'empreinte écologique et les indicateurs du développement durable*, Avis du Conseil économique, social et environnemental, 2009.
- [9] DAVID (M.), DORMOY (C.), HAYE (E.) & TREGOUËT (B.), *Une expertise de l'empreinte écologique*, Collection *Etudes et Documents* du Commissariat Général au Développement Durable, 2010.
- [10] ARROW (K.J.), DASGUPTA (P.) & MÅLER (K.G.), « Evaluating projects and assessing sustainable development in imperfect economies », *Environmental and resources economics*, 26:647-685, 2003.



États Généraux de l'Industrie : quelle place pour le « vert » dans la politique industrielle française ?

La filière « verte » n'est pas encore cernée de façon précise par la statistique publique, mais certaines études estiment qu'elle représente actuellement plus de 300 000 emplois en France. Elle est en croissance forte et pourrait permettre la création d'un nombre très important d'emplois d'ici à 2020. Mais le vert est aussi – et surtout – un enjeu transversal qui concerne l'ensemble des filières industrielles. Le « verdissement » des entreprises devient, en effet, l'un des aspects essentiels de leur compétitivité. Les Etats Généraux de l'Industrie ont notamment abouti à la mise en place de prêts verts bonifiés permettant de financer les investissements industriels vertueux à la fois pour la compétitivité des entreprises et pour l'environnement.

par Luc ROUSSEAU*

Si l'industrie française possède des atouts notables (1), sa compétitivité est en net repli depuis près de dix ans, comme l'illustre le recul de la part des exportations industrielles françaises au sein des exportations des pays de l'Union européenne des quinze – E 15 (2). Les principales raisons expliquant cette perte de compétitivité sont notamment l'insuffisance des dépenses privées de R&D en France, qui est liée à une faible spécialisation de l'industrie française dans les secteurs à fort contenu technologique, l'augmentation du coût du travail, plus importante depuis 2000 en France que dans d'autres économies comparables européennes (3), ou encore à l'insuffisante structuration de nos filières industrielles générant un tissu de PME insuffisamment organisé pour l'export et pour maîtriser ses relations avec de grands donneurs d'ordres.

C'est ce constat d'un recul préoccupant de la compétitivité de notre industrie qui a conduit, fin 2009, à l'organisation d'Etats Généraux de l'Industrie. Ce fut l'occasion de mobiliser un nombre important d'acteurs pour partager ces éléments de diagnostic, ainsi qu'une conviction, celle de « l'impératif industriel ». En l'espace de deux mois, plus de cinq mille personnes ont contribué aux réflexions qui ont permis de dresser un panorama consensuel des forces et des faiblesses de l'industrie française, et de compléter les dispositifs de soutien à l'industrie existants par un plan d'actions comportant vingt-trois mesures.

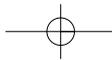
Les problématiques environnementales ont, bien entendu, occupé une place essentielle dans ces réflexions. Elles apparaissent principalement à travers quatre grands enjeux, sur lesquels je reviendrai successivement : le développement du « vert », dans sa dualité (en tant que filière, d'une part, et que pratique diffusante au sein de l'ensemble de l'industrie, d'autre part), les enjeux liés à la réglementation

environnementale, l'évolution de notre fiscalité et, de façon plus marginale, le « vert » en tant que facteur de renouvellement de l'image de l'industrie.

Les Etats Généraux de l'Industrie, une nouvelle étape dans la politique industrielle française

Les Etats Généraux de l'Industrie (EGI) ne sont pas une initiative isolée ; ils s'inscrivent dans la continuité de mesures récentes de soutien à l'industrie : création des pôles de compétitivité (en 2005) pour accompagner la création d'écosystèmes de l'innovation, réforme du crédit impôt recherche (en 2008), puis son remboursement immédiat, décidé dans le cadre du plan de relance de l'économie, suppression de la taxe professionnelle (à partir de 2010), dispositifs de renforcement des fonds propres de nos entreprises, avec, notamment, la création du fonds stratégique d'investissements (en 2008), etc. Les investissements d'avenir, également une initiative de politique industrielle structurante, permettant d'investir 35 milliards d'euros pour notre compétitivité à très long terme, rappellent les grands programmes « pompidoliens » : plus de 13 milliards d'euros concernent très directement les entreprises et l'industrie (desquels près de 8 sont dédiés à la création de démonstrateurs ou de plateformes de recherche dans des filières porteuses de croissance).

Si les EGI ont complété ces dispositifs, ils ont également permis de poser les termes de certains débats de fond importants, qui continuent de faire l'objet de réflexions et de propositions, suite aux conclusions énoncées le 4 mars 2010 par le Président de la République. C'est notamment le cas de l'importance des charges sociales pesant sur l'indus-



trie, dont on voit que la prise en compte par l'ensemble des acteurs est croissante, dans un contexte très concurrentiel, ou encore de l'importance d'une politique industrielle européenne intégrant les enjeux de compétitivité externe et de réciprocité. Ce dernier volet apparaît notamment dans la nouvelle stratégie de croissance européenne UE 2020, dont la politique industrielle est l'un des sept piliers et qui pourrait intégrer des évolutions majeures, telles, notamment, que la reconnaissance de l'importance de l'industrie comme vecteur de croissance, la nécessité de maîtriser les effets de la mondialisation, des initiatives sectorielles, la sécurité d'approvisionnement en matières premières rares et la recherche d'une plus grande réciprocité dans les relations commerciales entre l'Europe et ses principaux partenaires (4). Le développement industriel durable et l'efficacité en carbone seront également deux axes forts de la politique industrielle européenne.

Une « union sacrée » pour l'industrie

L'intérêt essentiel d'un dispositif tel que celui des EGI est la mobilisation d'acteurs divers qu'il permet, et par voie de conséquence, la force des messages qui en émanent. Les EGI ont ainsi rapidement permis l'émergence d'un premier constat, celui de la nécessité absolue, pour notre économie, d'une industrie forte. Ce message a d'autant plus de poids qu'il est porté par l'ensemble des acteurs concernés, notamment par les représentants patronaux et les syndicats de salariés. Cette « union sacrée », qui continue à porter ce message dans le cadre des structures mises en place suite à la réunion des EGI (5), doit maintenant travailler à ce que cette conviction de « l'impératif industriel » soit plus largement partagée par la population.

Industrie et innovation : un binôme indispensable pour notre pouvoir d'achat

D'où vient ce pacte en faveur de notre industrie ? L'industrie représente plus des trois-quarts des exportations des biens et services français (6). Ce chiffre, qui se maintient, malgré l'augmentation de la part des services dans notre PIB (dont l'ordre de grandeur se retrouve dans les autres pays développés), rappelle à lui seul que la France ne peut se passer de son industrie. Or, la France doit largement importer ses ressources énergétiques et certaines matières premières ; même si l'un des enjeux majeurs actuels est la diminution de nos consommations de ces ressources non renouvelables, ce constat restera vrai, à moyen terme. Partant, l'industrie est ce qui nous permet de vendre, d'équilibrer notre balance commerciale et donc, par-delà l'enjeu évident de souveraineté qui lui est associé, d'assurer le niveau de notre monnaie et le niveau de vie de notre population. Cette analyse vaut, bien entendu, au niveau européen également.

Pour pouvoir « se vendre », les principes de base du commerce international nous apprennent, par ailleurs, qu'il faut identifier ses « avantages comparatifs » et se concentrer sur eux. Ces avantages comparatifs, nous les acquerrons en

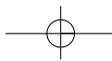
nous différenciant, en innovant et en capitalisant sur ce qui fait notre force. L'importance de l'industrie est, là encore, déterminante, puisqu'elle est à l'origine de 71 % des dépenses privées de R&D en France. C'est ainsi que les EGI ont défini des filières industrielles stratégiques porteuses de croissance, qu'ils ont identifiées sur la base du potentiel de croissance des marchés qu'elles adressent et de l'avantage compétitif dont la France dispose grâce à elles (7).

Parmi les 11 filières industrielles porteuses de croissance ainsi identifiées, on retrouve les technologies du numérique, des technologies de la santé et des technologies « vertes » permettant de relever autant d'enjeux sociétaux de demain : vivre plus longtemps et mieux, vivre en sécurité, limiter notre impact sur l'environnement, mieux communiquer, etc.

Le vert : de quelles filières industrielles parle-t-on ?

Il convient avant tout d'avoir à l'esprit la dualité du « vert », quand nous parlons de politique industrielle. Le vert fait d'abord référence à une filière, à une offre de services et de technologies permettant de limiter l'impact d'activités diverses sur l'environnement : traitement de l'eau, gestion des déchets, rénovation thermique des bâtiments, études environnementales, etc.... Il s'agit d'un marché à prendre, qui est considérable au niveau mondial. La filière « verte » n'est pas encore cernée de façon précise par la statistique publique, mais certaines études estiment qu'elle représente actuellement plus de 300 000 emplois en France. Elle est bien entendu en croissance forte et pourrait permettre la création d'un nombre très important d'emplois d'ici à 2020 (8), notamment dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments ou encore dans celui de la valorisation des déchets.

Mais le vert est aussi – et surtout – un enjeu transversal qui concerne l'ensemble des filières industrielles. Le « verdissement » des entreprises devient, en effet, l'un des aspects essentiels de leur compétitivité, ce qui a d'ailleurs justifié la création de l'un des dix groupes de travail nationaux mis en place lors des EGI, le groupe « compétitivité et croissance verte ». Ce verdissement de l'industrie dans son ensemble n'est pas le seul fait de l'utilisation de produits et de services proposés par des éco-industries : c'est véritablement l'ensemble de nos filières industrielles qui se mettent au vert, générant ainsi une transition d'emplois industriels qui, de « classiques », deviennent des emplois « verts ». On cite fréquemment les exemples de la filière automobile (avec le développement de véhicules électriques), de la filière de la production d'énergie (avec le développement d'énergies renouvelables), de la filière de la chimie (avec le développement de la chimie verte), mais c'est, de fait, l'ensemble de nos filières qui s'engagent dans cette transition, à un rythme dépendant largement de l'impact environnemental de l'activité concernée. Les entreprises ont à trouver le bon équilibre entre l'anticipation de ce verdissement et le coût qui lui est associé : le fait d'anticiper insuffisamment – ou trop – constitue un risque.





© Guillaume/REA

« La filière « verte » est en croissance forte et pourrait permettre la création d'un nombre très important d'emplois, notamment dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments ou encore dans celui de la valorisation des déchets ». Hall de tri des ordures ménagères résiduelles, à l'usine de méthanisation de l'agglomération de Montpellier.

Ce mouvement s'explique, en effet, en grande partie par le coût croissant de l'environnement. Les matières premières et les ressources énergétiques se paieront vraisemblablement de plus en plus cher, comme tend à le montrer l'augmentation de 70 % des dépenses en énergie de l'industrie manufacturière en France, depuis quinze ans. L'impact environnemental, hier « gratuit », a aujourd'hui un coût direct, croissant, qui plus est (9) ; il en va de même en ce qui concerne les coûts indirects, liés (par exemple) à l'image dégradée d'une entreprise dont les zones de risque recouvrent des zones d'habitation riveraines ou d'une industrie contribuant par ses émissions à un épisode de pic de pollution atmosphérique. Les investissements permettant de limiter l'empreinte environnementale des entreprises deviennent ainsi, de plus en plus, des investissements compétitifs.

Une stratégie industrielle efficace consiste à développer ces deux volets : l'accompagnement de notre industrie dans ses efforts visant à être plus propre et moins dépendante de ressources fossiles, tout en développant les éco-filières françaises. Ces deux efforts doivent être faits en synergie, le premier permettant de développer une demande française pour la filière des éco-industries, et le développement de ces dernières permettant à notre industrie (prise globalement) de bénéficier de technologies et de services innovants. Ainsi, toute politique publique d'activation de la demande « verte » doit être accompagnée d'un développement de l'offre technologique correspondante, le contre-

exemple emblématique étant celui du photovoltaïque, le tarif préférentiel d'achat d'électricité mis en place profitant essentiellement aux importations, et donc aux filières et à l'emploi industriel étrangers.

Cette politique industrielle du vert nécessite des idées, des acteurs industriels, une recherche publique active, un soutien des pouvoirs publics, une adhésion des acteurs : elle relève d'une logique de grands programmes, tels que ceux que la France a su mener pour développer son aérospatial ou ses télécom, au début des années 1980. Il n'y a aucune raison pour que nous ne soyons pas à même de le faire, pour l'essor de notre « industrie verte ».

Une comité stratégique de la filière des éco-industries

Pour répondre au premier enjeu, celui du développement d'une filière porteuse de croissance, il est essentiel que l'ensemble des acteurs parties prenantes de la filière s'organisent afin de construire une offre compétitive et pour envoyer des messages cohérents et forts aux pouvoirs publics. La façon la plus naturelle de générer ces échanges et ces synergies, est d'inviter les acteurs à construire un socle stratégique, qui soit commun à l'ensemble de la filière et au sein duquel ils puissent s'insérer en développant leurs spécificités, c'est-à-dire leurs facteurs de différenciation. C'est ce qui fait la force du « *Mittelstand* » allemand, composé d'entreprises gérant d'une manière remarquable la ligne de partage entre la concurrence et la

coopération. La définition de ce socle stratégique commun est l'objet de la création de comités stratégiques de filières, qui a été décidée dans le cadre des EGL pour chacune des onze filières stratégiques identifiées. Pour les éco-industries, ce comité stratégique consiste en une évolution du Comité stratégique des éco-industries (le Cosei), tant dans sa composition que, à la marge, dans ses missions. Un tel accompagnement est d'autant plus justifié pour les éco-industries qu'il s'agit d'une filière émergente pour laquelle le cadre réglementaire, les acteurs et les outils restent dans une large mesure à créer.

Le volet « économie circulaire – énergies décarbonées » des investissements d'avenir permettra de développer cette filière des éco-industries via le cofinancement de démonstrateurs de recherche, de plateformes technologiques d'essais ou de projets d'expérimentation préindustrielle (pour un total de 2,85 milliards d'euros).

Des prêts verts bonifiés pour développer les investissements verts et compétitifs

Les EGL ont bien mis en évidence les enjeux liés à la seconde facette, transversale, de la politique industrielle verte, c'est-à-dire à la nécessité d'accompagner la transition verte de l'ensemble de nos filières industrielles. Les coûts directement liés à l'environnement sont importants, dans l'industrie, notamment dans des secteurs tels que ceux de la métallurgie, du verre et des matériaux de construction, ou encore de la chimie, dont la consommation en produits énergétiques est importante. A titre indicatif, le prix moyen de l'électricité facturée à l'ensemble de l'industrie manufacturière et le prix du gaz naturel, qui sont les deux ressources énergétiques les plus utilisées à des fins de production industrielle, sont respectivement en hausse de 34 % et de 80 % depuis 2003. Ce constat fait de la limitation des consommations de matières premières et des ressources énergétiques, du recyclage, de la recherche d'alternatives aux ressources fossiles ou de l'éco-conception, en général, des facteurs de différenciation compétitifs susceptibles de permettre le développement des filières les plus concernées.

Ainsi, les EGL ont abouti à la mise en place de prêts verts bonifiés permettant de financer les investissements industriels vertueux à la fois pour la compétitivité des entreprises et pour l'environnement. Ces prêts attractifs doivent permettre d'accélérer ces investissements compétitifs, afin de donner à nos industriels une longueur d'avance. Leur incitation consiste en une bonification du taux d'intérêt facturé (10) aux entreprises ainsi qu'en des garanties connexes avantageuses (puisque, par exemple, aucune garantie gagée sur les actifs de l'entreprise n'est exigée). Il s'agit, en l'occurrence, de la mesure de soutien direct aux entreprises la plus importante (de par leur montant) parmi les mesures issues des EGL, puisque 500 millions d'euros lui seront consacrés, sur trois ans, l'effet de levier privé devant permettre de mobiliser au total 2,6 milliards d'euros au profit d'investissements « verts et compétitifs ».

La réglementation : entrave, ou facteur de compétitivité pour notre industrie ?

Les enjeux liés à la réglementation environnementale ont été largement abordés dans les débats des EGL, qui ont mis en avant l'effet à double tranchant que celle-ci peut avoir pour la compétitivité des entreprises. La principale mesure issue des EGL met en exergue le risque, plutôt que les avantages de la réglementation : il s'agit d'une mesure de simplification de la réglementation applicable à l'industrie consistant en une mission (pilotée par la députée Laure de la Raudière) qui étudiera les possibilités de simplifier le droit applicable à l'industrie sans remettre en cause les grands objectifs des politiques publiques concernées. Cette mesure prévoit également la désignation d'un Commissaire à la simplification auprès du Secrétariat général du Gouvernement, en charge de limiter le flux législatif et réglementaire s'appliquant (notamment) à l'industrie.

En se fixant des objectifs ambitieux, la réglementation environnementale peut être un accélérateur d'innovation, du fait qu'elle poussera les entreprises à davantage intégrer (voire à anticiper) certaines préoccupations sociétales ou économiques majeures. Il peut s'agir d'un avantage compétitif notable, si les objectifs environnementaux que ces législations nationales ont permis d'atteindre permettent, dans un second temps, l'établissement de réglementations ou de normes européennes, voire mondiales. Une réglementation nouvelle peut également être source d'innovation en permettant d'inciter les entreprises à remettre en cause certaines pratiques, à revoir leur organisation, à s'adapter ; autant d'éléments déterminants, dans la concurrence mondiale. De façon générale, une réglementation est un facteur de compétitivité et un outil de politique industrielle si son élaboration se fait concomitamment à l'analyse précise des capacités d'adaptation et de développement des filières industrielles impactées.

A l'inverse une nouvelle réglementation représente de manière quasi systématique une charge supplémentaire à court terme pour les entreprises, et donc un différentiel de compétitivité avec les entreprises d'autres puissances économiques qui n'en adoptent pas. Ces charges doivent être prises en considération au moment de leur élaboration, via une analyse de type « approche bénéficiaire », c'est-à-dire en intégrant l'ensemble des réglementations impactant un secteur industriel donné, et non de façon cloisonnée par champ réglementaire, comme c'est trop souvent le cas. Dès lors, on ne peut que regretter l'inflation de textes législatifs et réglementaires actuelle, impactant en particulier l'industrie (11). Elle ne lui laisse pas le temps de l'adaptation, génère des procédures multiples, disproportionnées, prenant parfois le pas sur l'objectif environnemental. Le cas des procédures multiples liées à l'installation d'un site industriel peut être cité, le principe d'indépendance des législations conduisant un industriel à devoir se plier à un nombre important de procédures différentes suivies par des interlocuteurs distincts et ce, pour un même projet. La désignation d'un « chef de projet » pour les projets de plus d'un million d'euros, une suggestion retenue par le Gouvernement suite

au rapport De La Raudière, est un progrès significatif. L'exemple des procédures ICPE peut également être cité : s'il est important de prévoir une procédure d'installation qui permette d'assurer l'acceptabilité d'un site industriel, le fait que nous ayons, en France, des procédures d'autorisation qui soient justifiées pour seulement 20 % d'entre elles par une réglementation européenne n'est-il pas le signe d'une disproportion inquiétante ? La mise en place du régime d'enregistrement, que le Gouvernement souhaite accélérer suite aux conclusions du rapport De la Raudière, constitue, à cet égard, un pas en avant important.

Cette inflation normative est d'autant plus préjudiciable à l'industrie qu'elle génère de l'instabilité pour les entreprises, alors que la visibilité est un facteur important pour leurs investissements.

L'exemple du règlement REACH permet d'illustrer ces effets, contradictoires, de la réglementation sur la compétitivité industrielle. Il peut en effet permettre à notre industrie de disposer d'une longueur d'avance en matière de connaissance des risques sanitaires liés à l'utilisation de substances chimiques, une avance largement valorisable auprès des consommateurs en des temps où la prise en compte des enjeux sanitaires par la population, y compris dans certains pays émergents (12), est fortement croissante. Le règlement tend à induire également des évolutions dans les relations entre producteurs et utilisateurs de substances chimiques, en les invitant à se rapprocher et à se coordonner (13), ce qui est de nature à renforcer leur compétitivité globale. Mais ces avantages compétitifs n'existeront que si le règlement n'est pas excessif en coût et en anticipation (dans les cas où il n'y a pas d'enjeu sanitaire significatif, bien entendu). A défaut, le règlement sera une charge préjudiciable à l'industrie concernée à court terme. Cela suggère un accompagnement des entreprises, notamment des PME des filières concernées, dans la mise en œuvre du dispositif et la définition d'un calendrier de mise en œuvre raisonnable eu égard à ces besoins d'accompagnement et ne freinant pas les innovations industrielles en cours.

D'une fiscalité du travail et du capital vers une fiscalité, notamment environnementale, accompagnant les enjeux sociétaux de demain

Les EGI ont peu abordé le sujet de la fiscalité ; l'explication de cet état de fait doit sans doute être recherchée dans le contexte budgétaire contraint du moment, ainsi que dans le caractère très récent de réformes fiscales majeures pour l'industrie (14). L'enjeu est pourtant de taille, dès lors que l'on parle de politique industrielle.

Alternativement à la voie de la réglementation, la fiscalité de l'environnement peut permettre d'atteindre des objectifs équivalents par une voie plus souple pour les industriels. Ainsi, le système de bonus-malus automobile mis en place en 2008 dans le cadre du Grenelle de l'environnement, taxant les acheteurs de voitures fortement émettrices de CO₂ pour, au contraire, accorder une prime

aux personnes acquérant des voitures performantes du point de vue environnemental, a permis d'améliorer notablement la performance environnementale des voitures, mises sur le marché et achetées en France depuis 2008.

De façon plus générale, la fiscalité des entreprises est déterminante pour leur compétitivité et pour orienter leurs choix. La fiscalité doit accompagner la compétitivité des entreprises, et non y mettre un frein ; à cet égard, la fiscalité sur le travail et sur le capital productif doit être réduite, afin de privilégier (notamment) une fiscalité de l'environnement susceptible d'accélérer la transition verte évoquée plus haut. La réforme – suppression de la taxe professionnelle, d'abord sur son assiette « salaire » en 2003 puis sa réforme totale en 2010, représente ainsi un gain significatif pour la localisation d'activités industrielles en France. Les réflexions des EGI relatives aux prélèvements obligatoires (notamment aux charges sociales, particulièrement importantes en France) ont également permis de poser les termes d'un débat qui se poursuit aujourd'hui, notamment à travers la mise en avant de solutions du type TVA (ou CSG) sociale, comme l'Allemagne l'a fait en 2007. La tentative de créer une taxe carbone relève de cette même logique, avec l'incontournable question de l'équité aux frontières.

L'environnement comme moyen de rénover l'industrie et son image

L'industrie doit, pour se développer, être acceptée par la société et par son environnement. Elle doit, notamment pour attirer les compétences dont elle a besoin, accompagner les enjeux sociétaux de demain. Cette logique a accompagné l'élaboration des grandes réglementations sociales du début du XX^e siècle, et celle des législations environnementales de la seconde moitié de ce même siècle en France. Si l'impact de l'industrie sur l'environnement est maintenant largement maîtrisé, les EGI ont mis en avant ses problèmes d'attractivité auprès des jeunes et de la population, en général. En effet, l'industrie pâtit d'une image désuète d'activités « du passé », polluantes, aux conditions de travail difficiles. Ce déficit d'image et d'information génère des difficultés de recrutement pour l'industrie, il a donc un impact direct sur sa compétitivité.

Les EGI ont mis en avant quelques mesures devant permettre une meilleure information de la population sur les réalités de l'industrie, en s'appuyant notamment sur ses facettes insuffisamment valorisées et calquant des enjeux sociétaux de demain : diversité de ses métiers, innovation, impact maîtrisé sur l'environnement, valeurs humaines, de manière générale.

Les enjeux environnementaux, la diminution de l'empreinte écologique, l'éco-conception prennent ici une autre dimension pour l'industrie, qu'ils contribuent à revaloriser. Il s'agit de montrer que l'innovation, et donc l'industrie, permet d'apporter des solutions permettant de maîtriser l'impact environnemental des activités humaines ; il faut rénover l'industrie en l'associant à l'environnement plutôt qu'en les opposant entre eux, comme cela est encore trop souvent le cas.



La France a peu tiré profit de l'émergence des technologies de l'information et de la communication, ainsi que de celle des biotechnologies. Elle ne doit pas rater cette nouvelle occasion qui se présente à elle avec les technologies propres, qui représentent un marché considérable et à forte valeur ajoutée, au niveau mondial.

Notes

* Directeur général de la Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIS) du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.

(1) Présence de grandes entreprises au rayonnement mondial, attractivité du territoire, infrastructures de qualité, qualité – reconnue – de la formation des ingénieurs et scientifiques, bonnes performances environnementales.

(2) Union européenne à 15 : la part de la France a baissé, passant de près de 15 % en 1999 à 12 % en 2008.

(3) Le coût horaire de la main-d'œuvre dans l'industrie manufacturière, en France, a rejoint celui de l'Allemagne.

(4) Conditions d'accès aux marchés publics (notamment).

(5) Conférence nationale de l'industrie (notamment).

(6) 79 %, chiffre 2009 (source : INSEE, Comptes nationaux)

(7) Existence d'acteurs majeurs sur la filière (notamment).

(8) Environ 200 000, selon une étude BCG diligentée pour le ministère de l'Industrie en 2008 (sans compter les emplois « verts » liés au ver-

dissement de filières elles-mêmes : véhicules électriques, chimie verte, production d'énergie etc.).

(9) Sans chercher à atteindre l'exhaustivité, on peut citer la taxe générale sur les activités polluantes, la redevance sur les prélèvements contribuant au financement des Agences de l'eau, le système des quotas de CO₂, le coût du traitement des déchets, les coûts liés à des mesures foncières (pouvant aller jusqu'à l'expropriation) autour des sites SEVESO AS.

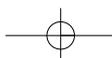
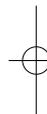
(10) Taux défini, au cas par cas, en fonction du profil de risque de l'entreprise. En général, la tarification pratiquée correspondra à une bonification de 2 % par rapport au taux de référence défini par la Commission européenne.

(11) Il est difficile de mesurer cette inflation législative et réglementaire par secteur d'activité. Différentes sources convergent cependant sur le diagnostic d'inflation de la longueur et de la complexité des lois et des réglementations. Ainsi, les statistiques sur l'évolution quantitative du droit français disponibles sur le site Legifrance font état d'une augmentation de 10 % des signes des textes législatifs et réglementaires dans le domaine de l'environnement, entre 2005 et 2008. Les statistiques incluant arrêtés, circulaires et autres formes de normes non codifiées issues de fédérations professionnelles sont encore bien plus alarmantes.

(12) En Chine, auprès de la classe moyenne notamment, comme l'a, par exemple, montré le « scandale » du lait contaminé à la mélamine en 2008.

(13) Ne faire les évaluations sanitaires qu'une seule fois entre producteur et utilisateur, ce qui permet à l'utilisateur de se concentrer sur son « cœur de métier ».

(14) Suppression de la taxe professionnelle et réforme du crédit d'impôt recherche (CIR).



L'Économie verte : une réponse aux défis du XXI^e siècle

Sommes-nous dans une crise financière, ou en situation de déséquilibre structurel ? Le modèle de croissance qui a porté l'économie mondiale au cours des trente dernières années, fondé sur l'accélération exceptionnelle des échanges internationaux et l'explosion de la production et de la consommation mondiales, a connu sa plus grave crise en 2008.

par Michèle PAPPALARDO*

L'élément déclencheur de la crise a été le surendettement immobilier des ménages américains. L'ampleur de cette crise s'explique par sa contagion quasi instantanée à l'ensemble du système économique du fait de la sophistication de la mondialisation financière (titrisation de produits toxiques, multiplication des produits dérivés...). La réponse des Etats a été massive et le soutien à l'économie mondiale a été tel qu'aujourd'hui, les finances publiques de tous les pays industrialisés sont dans le rouge. Si une nouvelle crise financière venait à se produire, les Etats n'auraient plus, aujourd'hui (et ce, pour plusieurs années encore) les moyens d'y faire face.

Au-delà de ces dimensions financières et économiques évidentes, a-t-on traité le fond du problème ? Sommes-nous réellement sortis (ou sommes-nous en train de sortir) de « la crise » ? N'a-t-on pas plutôt traité des symptômes, alors qu'il nous faudrait apporter une réponse durable aux problèmes systémiques que la crise a mis en évidence ?

Un tour d'horizon rapide des menaces pesant à court et moyen terme sur l'économie mondiale montre non seulement que notre mode de vie actuel est à bout de souffle, mais qu'en plus, nous n'avons pas vraiment commencé à mesurer la portée des problèmes qui se dessinent pour les prochaines années et qui sont déjà, pour beaucoup, à l'origine de nos difficultés d'aujourd'hui.

Premier sujet de préoccupation : la croissance démographique.

La planète compte aujourd'hui plus de 6,8 milliards d'habitants, dont plus de la moitié habitent en Asie (3,7 milliards), les trois autres continents abritant de manière équitable le reste de la population : l'Afrique compte 820 millions d'habitants, l'Europe 730 millions, l'Amérique 836 millions (dont 520 millions en Amérique latine et 316 millions en Amérique du Nord) et l'Océanie, 31 millions (1).

Avec 80 millions de personnes de plus par an, la barre des 7 milliards d'humains devrait être franchie dès 2012. Les démographes estiment que la population mondiale s'élèvera à 9,4 milliards de personnes à l'horizon 2050.

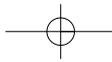
Deuxième grande question, qui n'est pas sans lien avec la première, le stress majeur sur les ressources naturelles que nous faisons subir à notre planète depuis le début de l'ère industrielle et qui ne fait que s'amplifier au fur et à mesure que la population mondiale croît et aspire à se développer économiquement. Compte tenu de la progression de la population mondiale, il faudrait, en effet, au vu de la disponibilité et de la croissance annuelle des ressources naturelles, une deuxième planète en 2030 pour répondre aux besoins de consommation de l'humanité.

C'est ce qu'indique le rapport *Planète vivante 2010* de l'organisation *World Wildlife Fund* (WWF).

En 2007, l'humanité utilisait déjà l'équivalent d'une planète et demie pour subvenir à ses besoins, principalement en raison de la « surconsommation » des pays les plus riches. Cela signifie qu'il faut un an et demi à la Terre pour régénérer les ressources naturelles consommées par la population mondiale et pour absorber le CO₂ émis par cette consommation. En clair : nous réduisons chaque année un peu plus le stock de ressources naturelles disponibles.

Le rapport du WWF va plus loin ; il montre que, si les modes de consommation de l'ensemble des habitants du globe étaient similaires à ceux d'un habitant des Etats-Unis ou des Emirats Arabes Unis, il faudrait une « *biocapacité équivalente à plus de 4,5 planètes pour répondre à la consommation de l'humanité et absorber les émissions de CO₂* ». Or, il est naturel que chaque pays cherche à se développer économiquement et à offrir à sa population un mode de vie confortable. Il est par conséquent indispensable d'inventer de nouveaux modes de production et de consommation, plus sobres en ressources naturelles et moins émetteurs de gaz à effet de serre, afin que le développement économique de l'ensemble des pays du globe soit viable, c'est-à-dire supportable pour la planète.

Enfin, troisième grande préoccupation, les conséquences dramatiques du réchauffement climatique tant sur les écosystèmes que sur les organisations humaines.



© Denis/REA

« L'étendue des zones couvertes de neige et de glace a fortement diminué : ainsi, par exemple, dans l'océan Arctique, l'étendue moyenne des glaces a diminué de 2,7 % par décennie ». Glacier du fjord d'Illulissat dans l'ouest du Groenland, au nord du cercle arctique.

Dans son quatrième Rapport d'évaluation (publié en 2007), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) rappelle quelques faits significatifs. On y apprend, par exemple, que onze des douze dernières années (1995-2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes à avoir été relevées depuis 1850 ; ou encore que l'étendue des zones couvertes de neige et de glace a fortement diminué : ainsi, par exemple, dans l'océan Arctique, l'étendue moyenne des glaces a diminué de 2,7 % par décennie.

Mais ce sont sans doute les anticipations du GIEC sur les conséquences du réchauffement climatique à l'échelle du globe qui doivent retenir le plus notre attention. Dans son rapport spécial sur les scénarios d'émissions, le GIEC montre que celles-ci pourraient augmenter de 25 % à 90 % entre 2000 et 2030, entraînant une augmentation de la température moyenne du globe qui aurait, dans le cas où elle excéderait 2°C, de très graves conséquences.

Dans ce cas, en effet, les écosystèmes subiraient de nombreuses transformations irréversibles. Par exemple, les terres émergées des régions des hautes latitudes de l'hémisphère Nord connaîtraient un réchauffement plus élevé que la moyenne et la couverture neigeuse se contracterait progressivement à un point tel que les eaux de l'Arctique seraient pratiquement libres de glace à la fin de l'été, d'ici à la deuxième moitié du XXI^e siècle.

Les conséquences de l'évolution du climat sur la biodiversité sont elles aussi préoccupantes. Le rapport *Planète vivante 2010* du WWF fait état d'une diminution globale de la biodiversité de 30 % entre 1970 et 2007, en s'appuyant sur un indice basé sur les tendances concernant 2 544 espèces de mammifères, d'oiseaux, de reptiles, d'amphibiens et de poissons. Dans les zones tropicales, cette érosion atteint 60 % au cours de la même période. Par ailleurs, les ressources en eau de 71 pays sont « en situation de stress », avec un degré allant de « modéré » à « sévère » dans les deux tiers de ces pays. Outre son impact sur les écosystèmes terrestres, le réchauffement climatique se traduit, par conséquent, par une dégradation de la diversité du vivant nécessairement dangereuse pour le développement de

nombreuses espèces animales et végétales, mais aussi pour l'homme. L'année 2010, année mondiale de la Biodiversité, a permis à chacun de prendre conscience des liens étroits entre la richesse des écosystèmes et notre propre mode de vie, nos capacités de développement économique, les innovations médicales et pharmaceutiques, etc.

Pour toutes ces raisons, le changement climatique a par conséquent un impact sur la richesse mondiale. Publié le 30 octobre 2006, le rapport sur *les coûts de l'inaction* (dit rapport Stern), qui s'intéresse à l'impact économique du réchauffement de la planète, fait figure de document de référence. Sa principale conclusion est que, si le monde ne consacre pas chaque année au moins 1 % de ses revenus à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, le PIB mondial pourrait se contracter de 5 à 20 % d'ici à 2050. Cela revient à dire que le réchauffement climatique pourrait avoir des conséquences économiques aussi dramatiques que les deux guerres mondiales ou que la crise de 1929, mais en plus grave, car de manière définitive.

Le rapport Stern précise l'impact économique de différents aspects du changement climatique. Il montre, par exemple, que les coûts des phénomènes climatiques extrêmes pourraient représenter, à eux seuls, de 0,5 % à 1 % du PIB mondial par an, d'ici le milieu du siècle.

Par-delà les incertitudes pesant sur l'évolution de certains phénomènes climatiques et sur leur impact économique, il n'en reste pas moins que la conclusion du rapport est sans équivoque : le coût de l'inaction, compris entre 5 et 20 % de la richesse mondiale, sera largement supérieur à celui des politiques à mettre en œuvre pour lutter contre le réchauffement climatique, que l'on évalue à environ 1 % du PIB mondial, d'ici à 2050.

Vers une nouvelle économie ?

Explosion démographique, stress majeur sur les ressources naturelles et les matières premières imposant de penser une gestion globale (et surtout durable) des ressources naturelles, réchauffement climatique aux conséquences dramatiques... : la liste de ces menaces impose de



tout remettre à plat et de poser les bases d'une nouvelle forme de développement reposant sur des modes de production et de consommation différents.

A la lumière de ces trois préoccupations, force est de constater que la construction d'une économie verte mondiale permettant d'assurer la transition démographique et écologique vers cette nouvelle forme de développement n'est pas une simple option : c'est une ardente obligation !

Il ne s'agit nullement d'une démarche « seulement » écologique, mais bien d'une nécessité économique, notamment pour nos pays industrialisés, qui sont ceux qui ont le plus à perdre dans les évolutions à venir. Mais c'est aussi une exigence d'équité et de justice que de rechercher un mode de développement qui assure un avenir à l'ensemble des générations, présentes et futures.

Mais en quoi consiste cette fameuse économie verte ? Si on la compare à notre économie actuelle, il s'agit d'une économie sobre en ressources naturelles et décarbonée, qui vise donc à permettre aux 9 ou 10 milliards d'hommes qui peupleront bientôt la planète de se développer (et non pas de réserver ce développement à une minorité de l'humanité, comme nous l'avons fait jusqu'à présent).

La sobriété en ressources naturelles vise bien entendu les énergies fossiles et les matières premières, mais pas seulement : elle concerne aussi l'eau, les sols, les ressources alimentaires et, de manière générale, la biodiversité : cela suppose non seulement une « sobriété quantitative » conduisant à limiter la quantité de ressources consommées par chaque être humain, mais aussi une « sobriété qualitative », afin de maintenir dans les meilleures conditions possibles les ressources naturelles existantes. Il s'agit, par conséquent, de lutter contre les pollutions de toute sorte (de l'eau, des sols, de l'air...), qui réduisent les ressources naturelles utilisables.

Mais cette sobriété en ressources naturelles n'est pas suffisante pour lutter contre le changement climatique ; elle implique un effort supplémentaire, spécifique, de réduction de nos émissions de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone, le plus vite possible, notamment en réduisant les besoins en énergie, à la fois en substituant des énergies non carbonées aux énergies fossiles et en captant les émissions de gaz à effet de serre.

Les deux composantes majeures de l'économie verte sont donc la gestion durable des ressources et la lutte contre le changement climatique, ces deux axes étant partiellement confondus, en ce qui concerne les énergies fossiles. Pour mettre en œuvre ces deux types de politique, certaines activités doivent tout particulièrement se développer : composante essentielle de l'économie verte, la croissance verte est la croissance des nouvelles technologies et des nouveaux services susceptibles de faire émerger des modes de vie et de production plus sobres en énergie et décarbonés ; elle passe par le développement de trois groupes de filières (2) :

- ✓ les filières qui permettent d'économiser l'énergie (on peut citer l'efficacité énergétique dans le bâtiment ou dans les transports) ;
- ✓ les filières qui permettent de préserver les ressources naturelles (en quantité et en qualité) : entrent notam-

ment dans cette catégorie le traitement de l'eau et l'assainissement, le recyclage des déchets, l'utilisation de la biomasse pour la chimie ;

- ✓ les filières qui permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre : capture et stockage du CO₂, développement des énergies renouvelables, etc.

A ces trois groupes, on peut en ajouter un quatrième, plus transversal, qui comprend des filières susceptibles de jouer un rôle important dans la réduction de « l'empreinte » de nos économies, pour peu qu'elles soient employées de manière pertinente ; il s'agit des technologies de l'information et de la communication (TIC) et des nanotechnologies.

Dans la compétition verte, la France est-elle bien placée ?

Ces définitions ayant été posées, on constate que depuis la crise de 2008, de nombreux pays se sont lancés dans une course au *leadership* économique vert mondial : beaucoup parient sur le fait que les principaux relais de croissance des prochaines années seront verts, et que le fait de s'imposer dès maintenant dans ces secteurs est une garantie pour leur compétitivité future !

Ainsi, les Etats-Unis, la Chine, l'Allemagne, le Japon et la Corée du Sud investissent actuellement massivement dans les technologies vertes. A cet égard, l'adoption de plans de relance comportant des composantes vertes substantielles – sur les 2 800 milliards de dollars engagés dans ces plans à la fin de l'année 2009, 15 % sont consacrés à des investissements verts, soit environ 430 milliards de dollars – illustre la prise de conscience par les pays industrialisés du fait que la sortie de crise passe par la construction d'une nouvelle économie verte. S'il existe parfois des écarts entre les annonces et les réalisations, comme c'est le cas en Chine ou aux Etats-Unis, ce sont de vrais moyens qui ont été mobilisés afin de placer ces économies nationales sur de nouvelles voies de croissance.

Quelques exemples récents illustrent cette tendance : en août 2010, la Commission de l'énergie de l'Etat de Californie approuve un mégaprojet d'énergie solaire thermique de 968 MW (dans le comté de Riverside), qui sera composé de quatre centrales solaires indépendantes, dont chacune sera capable de générer 242 MW d'énergie, tandis que la Chine s'impose, la même année, comme le pays le plus attractif pour l'investissement dans les énergies renouvelables (3).

En Allemagne, le Gouvernement a décidé d'accorder des emprunts à taux réduits (à hauteur de 5 milliards d'euros), à travers la banque publique kfW, pour favoriser le développement des dix premiers parcs éoliens *off shore*. Cette initiative se place dans le cadre du projet visant à atteindre une production d'énergie éolienne *off shore* égale à 25 GW d'ici à 2030, le montant total des investissements ayant été estimé par les pouvoirs publics à 75 milliards d'euros.

Force est de constater que la bataille économique verte a commencé ! La France fait-elle partie des compétiteurs d'avenir ?

Depuis le Grenelle de l'Environnement jusqu'au Grand Emprunt, la dimension environnementale s'est imposée



comme un axe structurant de nos politiques. Plusieurs études ou rapports récents corroborent ce constat :

- ✓ un rapport réalisé par la Table ronde canadienne sur l'environnement et l'économie et le cabinet Deloitte & Touche place ainsi la France en tête des pays du G8, en termes de compétitivité dans un monde faible en carbone ;
- ✓ par ailleurs, dans le baromètre Ernst & Young (d'août 2010) sur l'attractivité des pays pour les investissements dans les énergies renouvelables, la France se situe à la 7^e place, sur 27 pays, et à la 1^{re} place parmi les pays européens ;
- ✓ enfin dans le *2010 Environmental Performance Index* de l'Université de Yale, la France arrive au 7^e rang (sur 163) des pays les plus avancés en matière de politique environnementale.

Ces succès s'expliquent par le fait que la France s'était engagée, dès 2007 (donc, avant « la crise » et les plans de relance), dans une politique de croissance verte fondée sur les efforts financiers et les actions menées dans le cadre du Grenelle de l'Environnement : on a pu évaluer, en 2009, à 440 milliards d'euros sur 10 ans les investissements nécessaires dans les domaines du bâtiment, des transports, des énergies renouvelables, de la protection de la biodiversité, de la gestion de l'eau et du traitement des déchets. Le Plan Bâtiment du Grenelle de l'Environnement prévoit notamment 205 milliards d'euros d'investissements dans le secteur, qui emploie près de 100 000 personnes, d'ici à 2020.

115 milliards d'euros devraient être investis dans le développement des énergies renouvelables, afin que leur part dans le mix énergétique atteigne une proportion de 23 % en 2020, ce qui suppose d'augmenter de 20 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) la production annuelle d'énergies renouvelables, en la faisant passer de 17 Mtep à 37 Mtep (4). Dans le secteur des transports, des investissements à hauteur de 97 milliards d'euros sont nécessaires pour développer des infrastructures de déplacement (ferroviaires et fluviales) alternatives à la route. Enfin, les moyens destinés à la préservation de la biodiversité, ainsi qu'à la gestion de l'eau et des déchets devraient s'élever à 23 milliards d'euros.

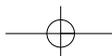
Les engagements du Grenelle ont servi de « feuilles de route » aux politiques publiques menées dans les secteurs concernés. Outre les conséquences juridiques, législatives et réglementaires qui en ont été tirées, les investissements publics ont été réorientés, notamment à travers les budgets annuels et les mesures fiscales et ce, dès 2008.

L'effort financier des pouvoirs publics a été prolongé dans le cadre du plan de relance annoncé fin décembre 2008 et voté le 29 janvier 2009 par le Parlement, dans lequel 35 % des investissements correspondaient à des investissements « verts ». Depuis la prime à la casse encourageant l'achat de véhicules faiblement émetteurs de CO₂ jusqu'à la mise en place d'un fonds pour la rénovation thermique des logements privés, en passant par l'accélération de la mise en œuvre des projets de lignes à grande vitesse



© Imaginechina/ZUMA-REA

« Les Etats-Unis, la Chine, l'Allemagne, le Japon et la Corée du Sud investissent actuellement massivement dans les technologies vertes ». Ouvrier d'une usine de panneaux solaires à Nantong, dans la province de Jiangsu (Chine).



(LGV Sud-Europe-Atlantique, LGV Est, LGV Bretagne-Pays de Loire, entre autres), 5 milliards d'euros relevant d'investissements du secteur du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, sur les 14,5 milliards d'euros du plan de relance pour 2009 et 2010, hors mesures de soutien à la trésorerie des entreprises.

Enfin, la croissance verte est au cœur des investissements d'avenir financés par le Grand Emprunt, qui prévoit 10 milliards d'euros d'investissements dans les éco-filières, dont 6 milliards plus particulièrement ciblés sur la recherche et les technologies vertes. Mais, outre ces « investissements d'avenir » visant spécifiquement les filières vertes, il est probable qu'une part importante des autres investissements, visant notamment à renforcer nos capacités de recherche et d'innovation, contribueront eux aussi à soutenir la croissance verte.

Quid du développement durable, dans tout ça ?

La course à la croissance verte est bien lancée et celui qui la gagnera sera – la Chine ne s'y est pas trompée – la première puissance économique à l'horizon 2020. Dans ce contexte, nous disposons d'atouts, qu'il convient de valoriser à travers une politique d'accompagnement et de développement des éco-filières. C'est une condition *sine qua non* pour rester dans le peloton de tête de la compétition économique mondiale. Mais nous devons aussi nous préparer à cette nouvelle économie verte, qui passera par une phase de transition qui nécessitera non seulement des adaptations, mais aussi des renoncements et des changements majeurs

dans nos modes de vie. Il faut accompagner cette évolution pour qu'elle soit à la fois comprise par nos concitoyens et source de créativité et d'innovation, et non de frustration.

C'est notamment l'objectif de la Stratégie Nationale de Développement Durable, que le Gouvernement a adoptée le 27 juillet dernier, et qui s'intitule « Vers une économie verte et équitable ». Cette stratégie doit permettre, à partir d'une vision partagée de l'avenir que nous voulons construire ensemble, non seulement de décliner les politiques publiques d'une manière cohérente pour développer et accompagner le déploiement de l'économie verte, notamment en matière de formation et de développement des connaissances, mais aussi d'inciter tous les acteurs socio-économiques à participer efficacement à cette évolution.

Notes

* Commissaire générale au développement durable, au MEDDTL, et Déléguée interministérielle au développement durable.

(1) Chiffres disponibles sur le site Internet du Ministère des Affaires étrangères.

(2) Pour plus de précision sur ces trois groupes de filières, se reporter au rapport publié par le CGDD/MEEDDM en mars 2010, intitulé « Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte ».

(3) D'après le dernier indice d'attractivité des pays (dans le secteur des énergies renouvelables) publié le 8 septembre 2010 par le cabinet Ernst & Young.

(4) Grenelle de l'Environnement : réussir la transition énergétique, 50 mesures pour un développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale (17 novembre 2008).



Mobilisation pour une croissance verte au Maroc

Le Maroc s'est engagé sur la voie du développement durable en adhérant, dès 1992, à l'Agenda 21 adopté la même année par la Conférence des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement Durable, à Rio de Janeiro. Cette mobilisation de l'Etat et de toutes les composantes de la société se trouve confortée par la prise en compte de nouveaux atouts de développement dans les différentes stratégies sectorielles en cours, cela, conformément aux Hautes Directives Royales intervenues depuis le début des années 2000.

par Amina BENKHADRA*

Cette approche consensuelle pour asseoir les bases de la croissance verte entre dans une nouvelle phase : un « *green new deal* » pour le Maroc, qui permettra de générer un développement économique et social alliant croissance responsable, équité sociale et solidarité spatiale, dans le cadre de la préservation de l'environnement, de la sauvegarde des écosystèmes, de l'atténuation et de l'adaptation aux changements climatiques. Cette nouvelle économie appelle une gestion plus rationnelle des ressources du pays, l'appropriation des technologies propres et l'émergence de nouveaux métiers et filières créateurs de revenus et d'emplois susceptibles de réduire la pauvreté et de lutter contre l'exclusion.

Développement durable et croissance verte au Maroc

Les Hautes Directives Royales

Dans le Discours du Trône du 30 juillet 2010, Sa Majesté le Roi Mohammed VI a exhorté toutes les forces vives du pays à faire un saut qualitatif déterminant permettant au Maroc d'entrer de plain-pied et avec maîtrise dans le processus de la mondialisation, pour s'inscrire ainsi dans le nouveau paradigme de l'écodéveloppement, gagner le pari de la bonne gouvernance et accéder à la société du savoir et de l'intelligence.

Cette nouvelle orientation nécessite d'impulser un processus de développement durable dans lequel la question écologique occupera une place centrale. Elle se situe à la base de la croissance verte et de la nouvelle économie, qui ouvrent de vastes perspectives pour l'émergence d'activités innovantes potentiellement génératrices d'emplois.

Une loi-cadre pour l'environnement et le développement durable

Dans le Discours du Trône du 30 juillet 2009, Sa Majesté le Roi Mohammed VI avait appelé le Gouvernement à éla-

borer un projet de Charte nationale pour la préservation de l'environnement et le développement durable. Ce projet a été présenté officiellement le 14 janvier 2010.

Conscient des enjeux écologiques actuels, le Maroc a choisi de faire de cette Charte une loi-cadre sur l'environnement et le développement durable, dans le but de consolider les acquis et d'harmoniser les actions menées.

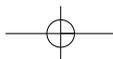
Grâce à ce cadre législatif, le Maroc disposera d'un instrument lui permettant de mieux gérer la question environnementale. L'un de ses objectifs majeurs est de créer une dynamique nouvelle pour placer la préservation de l'environnement au cœur des préoccupations de tous les Marocains, dans le cadre du processus de développement durable du pays. La loi-cadre vise ainsi à définir les devoirs et les responsabilités, individuelles et collectives, dans tous les secteurs d'activité.

Des stratégies sectorielles pour réaliser le « Green New Deal » du Maroc

La politique environnementale du Maroc se décline sous trois approches : territoriale, programmatique et partenariale. Des stratégies et des programmes ont été mis en place pour traduire cette politique dans la réalité.

Le programme national d'assainissement liquide (dont le coût global est estimé à 80 milliards DH à l'horizon 2030) vise à atteindre, à l'horizon 2030, un niveau de 90 % de raccordement au réseau d'eau potable et à traiter et réutiliser 100 % des eaux usées collectées. Il consiste à réhabiliter et à étendre les réseaux d'assainissement, ainsi qu'à construire de nouvelles stations d'épuration, afin d'en équiper 330 villes et centres ruraux, sur l'ensemble du territoire.

Le programme national de gestion des déchets ménagers et assimilés (PNDM), dont le coût global est estimé à 40 milliards DH à l'horizon 2020, vise à assurer la collecte et le traitement des déchets pour atteindre un taux de collecte de 90 %, à réaliser des décharges, à assurer la collecte et le traitement des déchets ménagers dans les agglomérations et à atteindre un taux de collecte de 90 % (au lieu



des 70 % actuels), ainsi qu'à réhabiliter totalement toutes les décharges existantes, après fermeture.

Les composantes du projet s'articulent autour de quatre axes :

- ✓ l'amélioration de la gouvernance du secteur des déchets ménagers,
- ✓ l'amélioration de la durabilité des services de gestion des déchets municipaux,
- ✓ l'intégration des dimensions environnementale et sociale dans la planification de la gestion des déchets ménagers,
- ✓ enfin, la couverture des investissements nécessaires par des sources de financement sûres.

Une stratégie ambitieuse de l'eau a été adoptée pour relever le défi de la rareté de cette ressource vitale et s'adapter aux effets du réchauffement climatique entraînant une irrégularité de la pluviométrie, avec de longues périodes de sécheresse alternant avec de fortes précipitations intempestives causant parfois des inondations dévastatrices.

Du côté de l'offre, la stratégie vise la mobilisation novatrice des ressources en eau (aussi bien conventionnelles que non conventionnelles), tant de surface que souterraines. Ainsi, les ressources conventionnelles sont mobilisées, avec la construction de grands barrages (au rythme de trois par an) et de petits barrages (au rythme de cinquante par an), la protection et la reconstitution des stocks souterrains et des transferts d'eau de bassins excédentaires vers les bassins déficitaires. De même, les ressources non conventionnelles sont également en cours de développement, avec un objectif annuel de désalinisation de 400 millions de m³ d'eau et le traitement de 300 millions de m³ d'eaux usées et recyclées.

Du côté de la gestion de la demande, la stratégie vise la généralisation de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement, la rationalisation des utilisations de l'eau dans tous les secteurs (tout particulièrement dans l'agriculture, qui mobilise plus de 80 % des eaux disponibles et qui en gaspille 50 %). Le Plan national d'économie d'eau d'irrigation du Maroc permet de pratiquer une irrigation avec des méthodes modernes (grâce à l'irrigation par goutte-à-goutte, à la construction de bassins de rétention découplant les fonctions d'irrigation et de turbinage pour la production électrique). De même, le recyclage des eaux usées et leur réutilisation dans plusieurs usages, comme l'arrosage, constituent autant de dispositions prises pour économiser la ressource en eau.

L'Initiative nationale pour le développement humain (INDH), initiée par Sa Majesté le Roi Mohammed VI le 18 mai 2005, vise la réduction de la pauvreté, de la précarité et de l'exclusion sociale, à travers des actions telles que :

- ✓ le soutien aux activités génératrices de revenus,
- ✓ le développement des capacités de production,
- ✓ l'amélioration des conditions d'accès aux services et infrastructures de base (éducation, santé, culte, route, eau et assainissement, protection de l'environnement etc.),

- ✓ le soutien aux personnes en situation de grande vulnérabilité.

L'INDH permet ainsi d'instaurer une dynamique en faveur du développement humain et de la cohésion sociale, en cohérence avec les Objectifs du Millénaire pour le développement ayant pour valeurs :

- ✓ le respect de la dignité de l'Homme,
- ✓ la protection et la promotion des droits de la femme et de l'enfant,
- ✓ l'ancrage de la confiance en l'avenir des citoyens,
- ✓ l'implication et l'intégration de tous les citoyens dans le circuit économique.

De plus, l'INDH s'appuie sur une démarche déconcentrée, qui respecte les principes suivants :

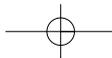
- ✓ la participation,
- ✓ la planification stratégique,
- ✓ le partenariat et la convergence des actions,
- ✓ la bonne gouvernance.

Le plan Maroc Vert 2020 pour l'agriculture, mis en œuvre depuis avril 2008, consolide la politique de relance de l'agriculture, désormais considérée comme l'un des principaux moteurs de croissance de l'économie nationale pour la prochaine décennie.

L'ambition est d'attirer dans le secteur agricole des investissements de près de 150 milliards de dirhams (soit environ 13,5 milliards d'euros) d'ici à 2020, avec l'objectif de générer à terme un PIB agricole de 100 milliards de dirhams (environ 9 milliards d'euros) par an. Cette nouvelle richesse permettrait d'améliorer les revenus des agriculteurs et de garantir davantage la sécurité alimentaire du Maroc. Ce plan a aussi pour but de protéger les ressources naturelles des différentes régions, tout en intégrant l'agriculture marocaine au marché national et international.

Le Plan Maroc Vert a pour finalité la mise en valeur de l'ensemble du potentiel agricole territorial et la rupture avec l'image simpliste d'une agriculture duale opposant un secteur moderne à un secteur traditionnel et vivrier. La nouvelle agriculture marocaine se veut un secteur destiné à tous les agriculteurs, sans exclusion, mais avec des stratégies différenciées en fonction du tissu ciblé. Pour cela, elle s'articule autour de deux piliers :

- ✓ le premier pilier vise le développement accéléré d'une agriculture moderne et compétitive, vitale pour l'économie nationale, à travers la concrétisation d'un millier de nouveaux projets à hautes valeurs ajoutées et/ou productivité, tant dans les productions que dans les industries agro-alimentaires, répondant aux règles du marché en s'appuyant sur les investissements privés ;
- ✓ le second pilier du Plan Maroc Vert vise l'accompagnement solidaire de la petite agriculture à travers la réalisation de 545 projets d'intensification ou de professionnalisation des petites exploitations agricoles dans les zones rurales difficiles, favorisant ainsi une meilleure productivité, une plus grande valorisation de la production et une pérennisation du revenu agricole. Ce second pilier a également pour but la reconversion de la céréaliculture en cultures à plus forte



valeur ajoutée et moins sensibles aux précipitations, ainsi que la valorisation des produits du terroir.

Afin de renforcer les projets constituant ces deux piliers, le PMV s'appuie, par ailleurs, sur des projets dits transverses consistant en la refonte du cadre sectoriel et en l'amélioration des facteurs transversaux, relatifs notamment aux politiques de l'eau, du foncier et de l'organisation interprofessionnelle.

Le plan Emergence 2015 pour le secteur industriel s'inscrit dans la logique d'œuvrer ensemble pour créer des richesses et des emplois qui offriront aux Marocains de meilleures opportunités de développement humain. En mobilisant et en coordonnant les actions de l'Etat et celles des opérateurs économiques, il vise à construire un secteur industriel fort et à créer un cercle vertueux de croissance. Il consacre, en outre, les principes démocratiques du dialogue et de la transparence, l'importance des ressources humaines et la responsabilité sociale des entreprises.

L'Etat et le secteur privé ont scellé ensemble ce pacte en formalisant un contrat programme couvrant la période 2009-2015. En consolidant leurs engagements mutuels dans un document unique, les partenaires espèrent apporter à l'ensemble des investisseurs la visibilité nécessaire sur ce que sera l'industrie marocaine de demain. Cette formule contractuelle apporte également une garantie de bonne exécution des mesures décidées en assurant la mobilisation de tous autour d'actions précises, concrètes, concertées et budgétisées.

Le contrat programme a été conçu autour de trois idées fondamentales :

- ✓ la nécessité absolue de focaliser les efforts de relance industrielle sur les filières dans lesquelles le Maroc possède des avantages compétitifs clairs et exploitables, à travers des programmes de développement dédiés,
- ✓ la nécessité de traiter l'ensemble du tissu des entreprises, sans exclusive, à travers quatre « Chantiers Transversaux » majeurs, déclinés en un chantier de renforcement de la compétitivité des PME, un chantier d'amélioration du climat des affaires, un chantier de formation et un plan de développement de parcs industriels de nouvelle génération, dits « P2I – Plateformes Industrielles Intégrées ».
- ✓ la nécessité, enfin, de mettre en place une organisation institutionnelle, qui soit à même de permettre la mise en œuvre efficace et efficiente des programmes.

Le plan Emergence pour les Phosphates présente trois axes de développement : arbitrer en temps réel entre ses trois familles de produits (le phosphate brut, l'acide phosphorique et les engrais), bâtir une offre adaptée aux nouvelles configurations du marché et, enfin, optimiser la consommation de phosphate en offrant aux investisseurs étrangers un *hub* phosphatier, avec des usines d'acide phosphorique clés en main sur la plateforme industrielle de Jorf Lasfar et un port intégré pour exporter les produits. Le transport du phosphate vers ce complexe par voie humide, à travers un pipeline, permet de réaliser des économies d'eau et d'énergie.

L'énergie comme vecteur de développement durable et comme levier de croissance verte au Maroc

Le développement durable et la croissance verte en tant qu'axes prioritaires de la nouvelle stratégie énergétique du Royaume du Maroc

Développement durable et croissance verte figurent parmi les axes prioritaires de la nouvelle stratégie énergétique nationale présentée lors des premières assises de l'énergie, le 6 mars 2009.

Ce qui est recherché est la satisfaction de la demande énergétique dans le respect de la préservation de l'environnement, en :

- ✓ établissant des normes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- ✓ appliquant les techniques de l'efficacité énergétique ;
- ✓ utilisant des technologies propres ;
- ✓ rajeunissant les parcs de transport par des véhicules à faibles émissions de GES ;
- ✓ développant et modernisant les transports en commun ;
- ✓ remplaçant les moyens de production industriels obsolètes par des équipements performants et moins polluants ;
- ✓ enfin, en sensibilisant les utilisateurs.

Dans le domaine des produits pétroliers (dont la part dans le bilan énergétique passera de 60 % aujourd'hui à 40 %, d'ici à 2030), il est prévu d'utiliser les carburants propres et de rationaliser leur utilisation dans les transports et de recourir à des énergies alternatives dans l'industrie, afin de limiter l'usage du fioul, notamment dans la production électrique. Ainsi, la commercialisation uniquement de deux carburants à partir de 2009 (le gasoil à 50 ppm de soufre et le supercarburant sans plomb) permet d'éviter l'émission de 760 tonnes de plomb et de 54 000 tonnes de soufre par an.

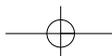
A l'horizon 2030, avec la mise en œuvre des dispositifs d'efficacité énergétique, sera évitée l'émission de 2 874 kilotonnes de CO₂. De même, le développement à grande échelle des énergies renouvelables permettra d'éviter l'émission de 20 825 kilotonnes de CO₂.

Le Plan National d'Actions Prioritaires

Le Plan National d'Actions Prioritaires (PNAP) est un programme, qui, lancé en 2008, vise à équilibrer l'offre et la demande électriques sur le moyen terme en 2014, en agissant, d'une part, sur le renforcement des capacités de production et, d'autre part, sur la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.

Le programme de généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation (LBC) constitue sans doute la mesure phare de ce volet, avec l'objectif d'installer 22,7 millions de ces lampes à l'horizon 2012 et de bannir progressivement l'usage des lampes à incandescence.

L'exécution de ce programme national d'efficacité énergétique vise une économie de 15 % d'énergie à l'horizon



2020, à travers l'amélioration des performances énergétiques dans différents secteurs. Pour ce faire, des contrats-programmes et des conventions ont été signés entre le ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement et les départements ministériels concernés comme l'Habitat, l'Industrie, l'Éducation nationale, la Santé, le Tourisme, ainsi que des régions pilotes.

La promotion des énergies renouvelables

Les années 2009 et 2010 ont vu le lancement de deux projets d'énergies renouvelables intégrés : les plans solaire et éolien (de 2 000 mégawatts chacun). Ces projets permettront d'éviter à terme l'émission, respectivement, de 3,7 millions de tonnes de CO₂ par an et de 5,6 millions de tonnes de CO₂ par an.

Ces plans bénéficient d'un soutien institutionnel fort et d'un cadre réglementaire propice.

Ainsi, trois lois ont révolutionné le paysage des énergies renouvelables au Maroc :

- ✓ La loi sur les énergies renouvelables (dite loi 13-09), promulguée en 2009, ouvre à la concurrence la production d'électricité d'origine renouvelable, donne aux producteurs, dans des conditions contractuelles, l'accès au réseau électrique national et permet l'exportation d'électricité d'origine renouvelable ;
- ✓ La loi portant création de la *Moroccan Agency For Solar Energy* accompagne la mise en œuvre opérationnelle du Plan Solaire Marocain (de 2 000 mégawatts, sur 5 sites identifiés, dans le cadre de partenariats public-privé). Ses attributions intègrent également le développement d'une filière industrielle solaire au Maroc, ainsi que le développement de la formation et de la recherche et développement ;
- ✓ Le Centre de Développement des Énergies Renouvelables a été transformé en Agence de Développement des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique. Cette agence est chargée, à ce titre, de piloter, entre autres attributions, l'ensemble des politiques de promotion et de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, de sélectionner des sites de développement des énergies renouvelables et de mobiliser les instruments et les moyens de financement nécessaires à la réalisation de ces programmes.

Le Plan Solaire Marocain

Le Plan Solaire Marocain, lancé officiellement le 2 novembre 2009 sous la Présidence effective de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, s'intègre dans la stratégie énergétique 2009-2030, qui fait du développement des énergies renouvelables une priorité. Cela permettra au Maroc de répondre aux défis de la sécurité d'approvisionnement, de préserver l'environnement et d'assurer un développement durable.

Le développement de la filière solaire sera accéléré. Dans ce cadre, le projet présenté porte sur une production électrique solaire d'envergure, d'une puissance de 2 000 mégawatts d'ici à 2020, soit 38 % de la puissance actuelle ins-

tallée (à l'horizon 2020, l'électricité d'origine solaire couvrira 14 % de la puissance installée).

Ces objectifs ambitieux sont réalisables grâce aux atouts reconnus, dont le Maroc dispose dans ce domaine. En effet,

- ✓ le potentiel national en énergie solaire est important, avec une irradiation d'environ 5 kWh par m² par jour et 3 000 heures d'ensoleillement par an ;
- ✓ le Maroc occupe une position stratégique au cœur d'un carrefour énergétique qui lui permet de devenir une plateforme pour des échanges électriques accrus entre les pays du pourtour méditerranéen, grâce aux interconnexions qu'il a développées tant avec l'Espagne qu'avec l'Algérie.

La *Moroccan Agency For Solar Energy*, nouvelle agence dédiée, mettra en œuvre la réalisation de ce projet avec des partenariats public-privé associant des opérateurs internationaux.

Le coût estimé de ce projet, qui s'achèvera fin 2019, s'élève à 9 milliards de dollars.

Cinq sites ont été retenus, pour des parcs solaires d'une superficie totale de 10 000 hectares (voir la photo 1).

À l'achèvement de ce programme, on réalisera une économie annuelle de 1 million de TEP et on évitera l'émission de 3,7 millions de tonnes de CO₂ par an.

Le Projet Marocain Intégré d'Énergie Éolienne

Dans la continuité du projet marocain d'énergie solaire, le Projet Marocain Intégré d'Énergie Éolienne a été lancé le 28 juin 2010 à Tanger, sous la présidence effective de Sa Majesté le Roi Mohammed VI.

Il prévoit l'édification de nouveaux parcs éoliens, qui porteront la puissance électrique installée d'origine éolienne de 280 MW actuellement à 2 000 MW en 2020.

C'est un programme qui intègre la fabrication d'équipements pour les parcs éoliens dans le tissu industriel national pour amplifier et pérenniser son impact sur l'économie nationale en général, et le développement de l'énergie éolienne en particulier.

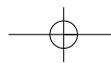
Le coût estimé de ce projet, qui s'achèvera fin 2019, s'élève à 3,5 milliards de dollars.

En plus des parcs éoliens réalisés et en cours de développement, cinq grands sites ont été identifiés : Sendouk (Tanger), Koudia Baida II (Tetouan), Taza (Taza), Tiskrad (Laayoune) et Boujdour (Boujdour) (voir les photos 2 et 3).

À l'issue de ce programme, on enregistrera une économie annuelle de 1,5 million de TEP et on évitera l'émission de 5,6 millions de tonnes de CO₂ par an.

La puissance électrique installée sera triplée en 2020 par rapport à son niveau actuel. À cet horizon, les centrales fonctionnant avec des énergies renouvelables représenteront 42 % de la capacité électrique totale installée, le solaire, l'éolien et l'hydraulique occupant chacun respectivement 14 %.

Pour leur pérennisation, ces grands programmes intégrés et structurants qui traduisent la montée en puissance du développement à grande échelle des énergies renouvelables mettront en place des composantes de formation et de recherche développement, d'un centre de recherche dédié à



DES FONDAMENTAUX VERS DES POLITIQUES PUBLIQUES DIVERSIFIÉES

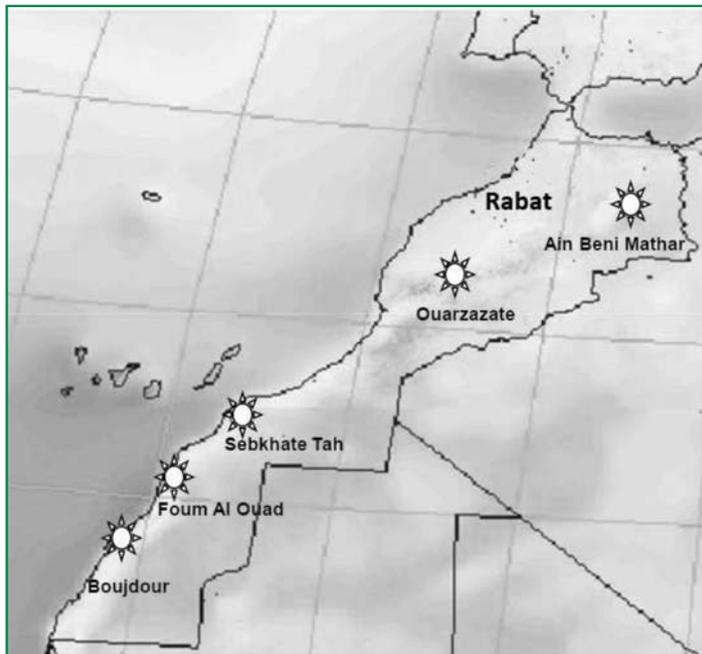


Photo 1 : La première centrale sera construite à Ouarzate et mise en service en 2015. Elle est entrée dans la phase de sélection des pré-qualifiés.

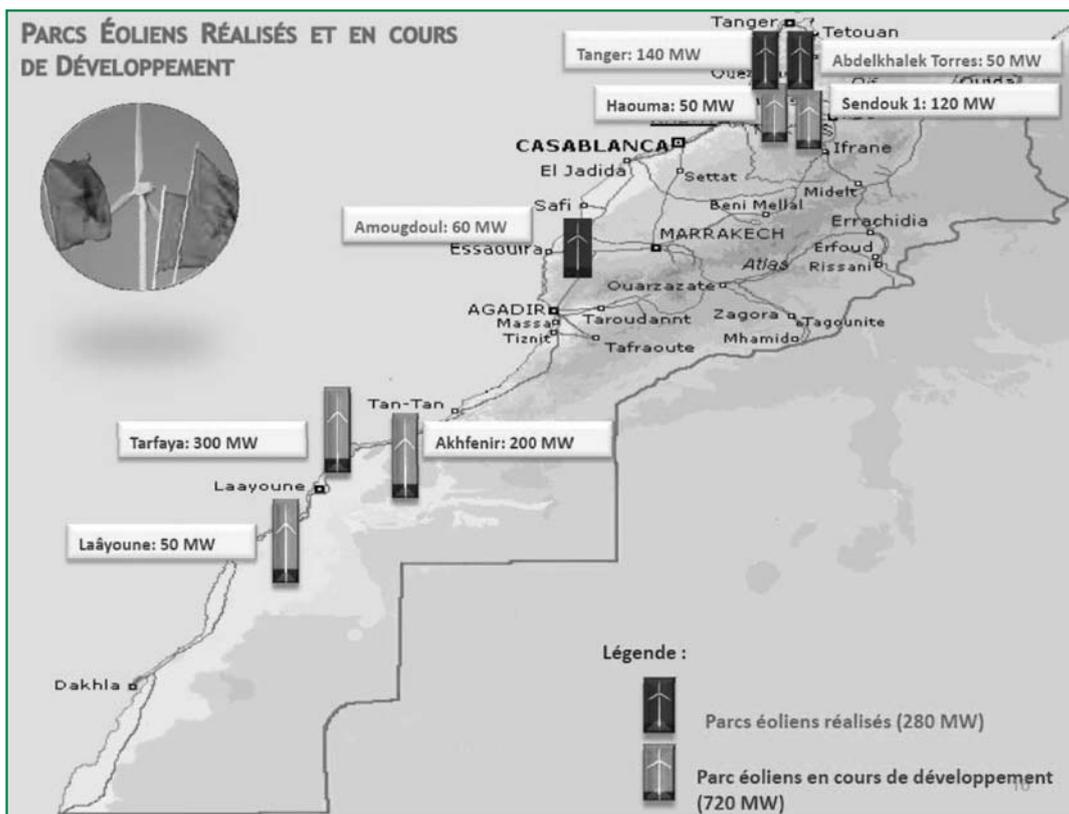
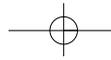


Photo 2 : Implantation et puissance des parcs éoliens réalisés ou en cours de développement.



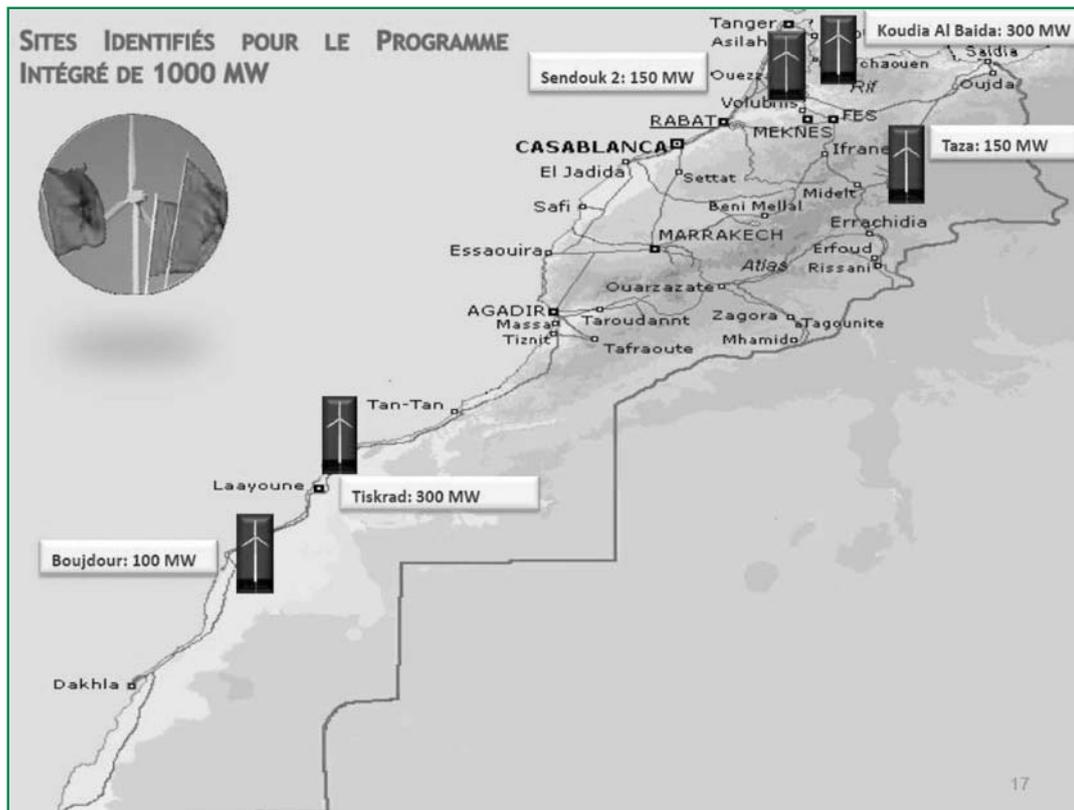


Photo 3 : Le premier parc éolien identifié dans cette nouvelle programmation sera mis en service en 2014 et la totalité du plan sera achevée en 2020.

l'énergie pour l'appropriation des technologies ; leur insertion dans le tissu industriel national amplifiera leur impact sur l'économie nationale en général et le développement des énergies solaire et éolienne en particulier, et permettra la création de pôles d'emplois, de revenus et de nouveaux métiers au niveau national et régional (à l'instar de la plateforme intégrée à la technopole d'Oujda dédiée aux énergies renouvelables).

Les objectifs des plans intégrés solaire et éolien ne se limitent pas à « simplement » doter le pays de capacités additionnelles de 4 000 MW mais sont également – et surtout – d'intégrer les filières solaire et éolienne dans le paysage industriel marocain, de développer la recherche et l'innovation et de créer les emplois à même d'assurer la pérennité de ces filières.

Ces perspectives stratégiques majeures ont ainsi amené le Maroc à s'engager dans la voie des énergies renouvelables et ce, malgré le gap en coût du kWh électrique, notamment solaire. Notre pays fait le pari de l'industrialisation des filières énergétiques renouvelables, contre la logique à court terme de la production du kWh électrique au plus bas coût.

Développement d'énergies vertes : le positionnement du Royaume du Maroc au niveau régional

Le Maroc ambitionne d'intégrer pleinement son marché de l'énergie au marché de l'énergie européen, notamment pour l'électricité et le gaz, cela, à travers l'approfondissement et l'accélération de la convergence des politiques et des cadres législatif, institutionnel, de régulation et de gouvernance relatifs au secteur de l'énergie les dispositifs en vigueur au niveau communautaire.

De par :

- ✓ son Statut Avancé, signé avec l'Union européenne, le 13 octobre 2008,
- ✓ l'ampleur de ses projets de production électrique de sources renouvelables, en harmonie avec le Plan Solaire Méditerranéen, projet phare de l'Union pour la Méditerranée, pour l'intégration électrique de l'espace euro-méditerranéen,
- ✓ son soutien au projet Desertec, à travers l'adhésion de Nareva, filiale de l'Omnium Nord Africain (ONA), à l'Initiative Industrielle Desertec,



✓ l'adhésion de l'Office National de l'Electricité (ONE) à l'initiative Transgreen pour le transport et l'exportation de l'électricité verte produite au sud de la Méditerranée vers les pays de l'Union européenne,

le Maroc avec ses interconnexions avec l'Algérie et l'Espagne et son positionnement géostratégique au carrefour de la boucle électrique méditerranéenne, possède tous les atouts lui permettant de jouer un rôle majeur d'avant-garde dans les échanges électriques dans l'espace euro-méditerranéen.

Le Royaume du Maroc au rendez-vous de Rio+20

Depuis le Sommet de Rio (en 1992), puis celui de Johannesburg (en 2002), le Maroc a pris conscience progressivement des enjeux du développement durable et de la nécessité de transformer les modes de vie et les stratégies de développement pour les relever.

Le prochain Sommet Rio+20, auquel le Maroc prendra part, aura pour thème principal l'émergence d'une économie verte et le renouvellement d'engagements internationaux, qui occupent une place de plus en plus importante dans l'agenda politique mondial.

Avec la promotion de nouvelles filières vertes, les énergies renouvelables et les nouvelles énergies auront une place de plus en plus prépondérante en tant que vecteurs de développement.

Face aux défis majeurs climatiques et environnementaux, le Maroc a adopté une stratégie en matière de lutte contre les changements climatiques.

D'une part, face aux causes des changements climatiques, le pays a mis en œuvre une politique d'atténuation des changements climatiques grâce à une diminution de ses émissions de gaz à effet de serre contribuant à son développement global, en particulier grâce à l'introduction de technologies propres.

D'autre part, face aux effets des changements climatiques, le Maroc compte prémunir son territoire de la façon la plus adaptée en répondant efficacement aux vulnérabilités de son espace et en anticipant une politique d'adaptation qui prépare l'ensemble de sa population et de ses acteurs économiques à faire face à ces vulnérabilités.

Avec le Plan National de lutte contre le Réchauffement Climatique (PNRC), le Maroc engage une dynamique territoriale de lutte contre les changements climatiques à l'aide de Plans Territoriaux contre le Réchauffement Climatique (PTRC).

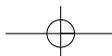
Ce plan national privilégie la promotion de l'innovation, de la croissance sobre en énergie, de la limitation des émissions de GES, de la réduction de la précarité énergétique, des transferts de technologies, de la diversification du bouquet énergétique, avec une part conséquente d'énergies renouvelables et en réduisant la dépendance aux énergies fossiles, de la réduction des disparités spatiales en matière d'accès à l'énergie, de la promotion et de l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment, l'industrie, le commerce et les transports.

Conclusion

En adoptant ce modèle de développement, le Royaume du Maroc réaffirme sa forte adhésion à l'effort international de lutte contre le phénomène du réchauffement climatique, dû aux gaz à effet de serre. L'enjeu central est de concilier le développement économique et la préservation de l'environnement. C'est un défi majeur que nous devons impérativement relever afin d'assurer un développement durable répondant aux besoins des générations présentes et préservant les droits des générations futures.

Note

* Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc.



La stratégie de l'OCDE pour une croissance verte*

La croissance verte peut-elle susciter une reprise durable ? Cela dépendra beaucoup des politiques mises en œuvre. En 2011, l'OCDE présentera sa Stratégie pour une croissance verte. En voici quelques prémices.

par Nathalie GIROUARD*

Les ministres des Finances, de l'Economie et du Commerce de trente-quatre pays ont déclaré, lors de la réunion du Conseil de l'OCDE au niveau ministériel en 2010 : « Nous soulignons l'importance qu'il y a à accélérer notre transition vers une croissance verte grâce à des politiques rentables, en apportant toute l'attention requise aux changements structurels tout au long du processus de transition et en garantissant la cohérence politique indispensable [...]»

Nous saluons le Rapport intérimaire sur la stratégie de croissance verte et attendons avec impatience la remise du Rapport de synthèse lors de la prochaine réunion au niveau ministériel, en 2011, qui s'appuiera sur les conclusions de la Stratégie de l'innovation et fournira des orientations concrètes et des « boîtes à outils » pour les politiques à mener. Nous encourageons l'OCDE à continuer à jouer un rôle clé dans les efforts mondiaux visant à promouvoir la croissance verte ».

La croissance verte peut sembler secondaire aux yeux de pays confrontés à des déficits à deux chiffres et à un chômage très élevé, mais la planète n'attend pas. Les défis (comme le changement climatique et la déforestation) sont particulièrement urgents. Que peuvent faire les gouvernements ? Peut-on à la fois résoudre les problèmes économiques à court terme et connaître une croissance à long terme qui soit respectueuse de la planète ? (voir les figures 1, 1bis et 1ter).

Nous en sommes convaincus. En 2011, l'OCDE présentera une Stratégie pour une croissance verte formulant plusieurs recommandations d'action susceptibles d'aider les gouvernements à rendre leurs économies plus vertes. Le rapport souligne un point fondamental : l'environnement et l'économie ne peuvent plus être considérés isolément. Les considérations environnementales doivent faire partie intégrante de la politique économique.

L'expression « croissance verte » est devenue très populaire. Que signifie-t-elle au juste ? Jusqu'ici, on parlait de politiques respectueuses de l'environnement pour désigner les mesures qui encouragent la croissance et le développement tout en préservant l'environnement, la biodiversité et les ressources naturelles. La croissance verte va au-delà : il s'agit de tirer parti de l'environnement comme source de croissance future, de la fabrication de panneaux photovoltaïques à la rénovation énergétique des bâtiments, en pas-

sant par le développement de services, de réseaux et de compétences indispensables pour soutenir une économie plus verte et plus équilibrée.

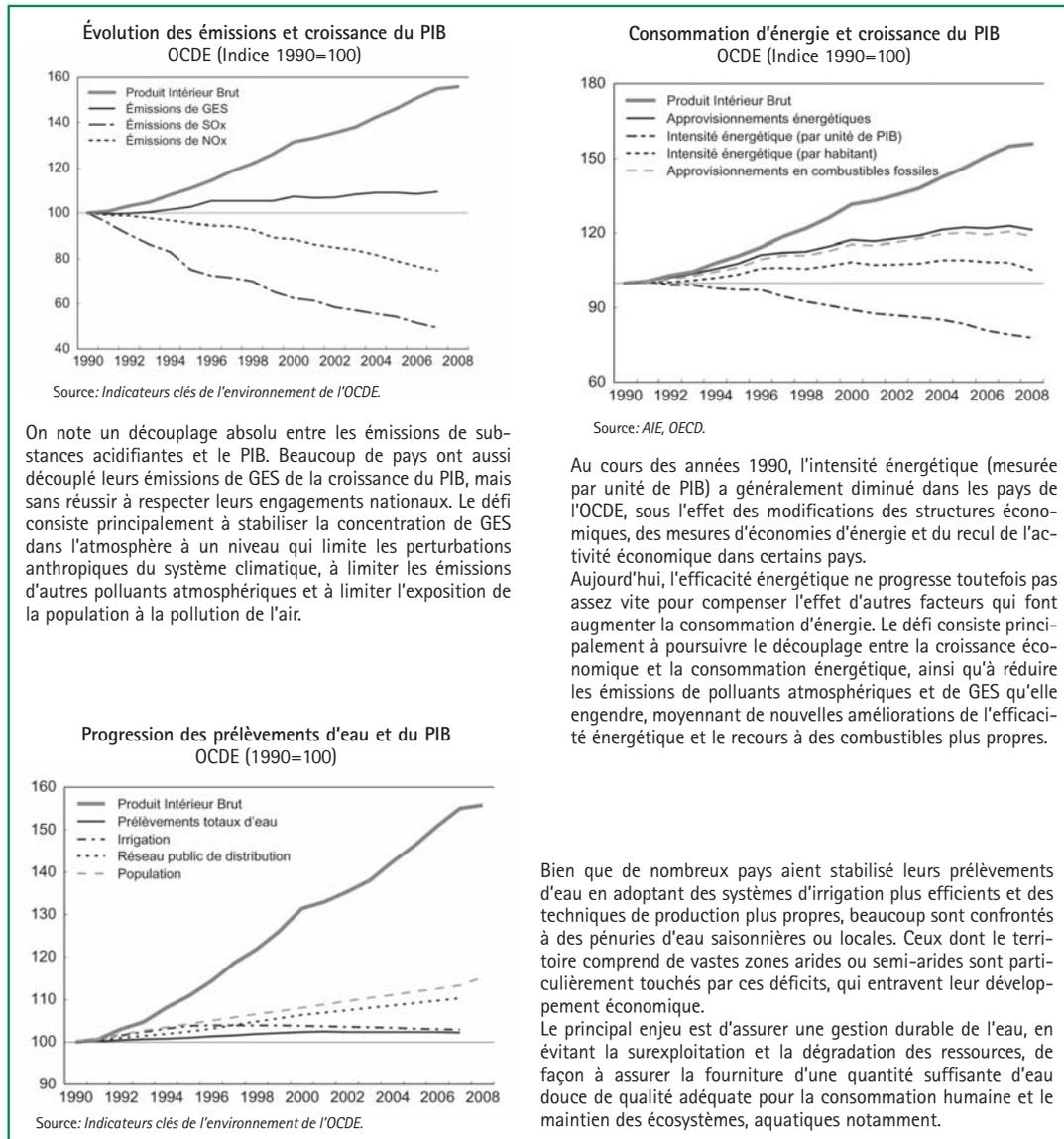
De nombreux pays ont déjà pleinement intégré la croissance verte à leurs plans de relance, notamment par le biais d'investissements publics dans des infrastructures vertes – en particulier dans les transports publics, la production d'énergie à faible teneur en carbone, les réseaux électriques intelligents et les services d'eau et d'assainissement. De grands pays émergents, comme la Chine et le Brésil, sont tout à fait conscients de la menace que leur rythme de croissance actuel fait peser sur l'environnement planétaire, et ils agissent en conséquence. Le programme de relance de la Chine comprend le plus vaste train de mesures de relance vertes, puisqu'il représente près de 40 % d'un montant total qui s'élève à 586 milliards de dollars.

Que nous enseigne la Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte menée jusqu'à présent ?

Tout d'abord que les gouvernements doivent se placer dans une optique économique à la fois large et sectorielle. Tous les secteurs ont un rôle à jouer. La stratégie de croissance verte vise le comportement des entreprises et des consommateurs, par des signaux économiques appropriés et par des mesures de sensibilisation.

« Verdir » les choix économiques

Individus et entreprises comprennent le langage des prix, qui déterminent leur demande de biens et de services. C'est pourquoi il est essentiel de tarifier la pollution et l'épuisement des ressources naturelles. Des taxes sur les émissions et des redevances sur l'utilisation de ressources naturelles, comme l'eau, peuvent remodeler les marchés qui ont un impact négatif sur l'environnement. Le Canada, l'Irlande et le Japon ont récemment instauré différents types de taxes sur les émissions de gaz à effet de serre. Depuis 1991, la Suède applique un système rigoureux de taxes carbone couvrant à la fois les entreprises et les consommateurs. Mais il ne faut pas limiter les écotaxes à l'échelon national. En coopérant, les pays peuvent éviter



Figures 1, 1bis et 1ter : Découplage entre pressions sur l'environnement et croissance économique dans les pays de l'OCDE.

certaines délocalisations et les pertes d'emplois qui s'en suivent.

Des systèmes de permis négociables, comme ceux applicables aux émissions de carbone, s'avèrent également utiles. Il s'agit pour un groupe de pays ou d'États (comme par exemple, aux États-Unis, les dix États membres de l'Initiative régionale pour la lutte contre les gaz à effet de serre) de fixer un plafond global d'émissions, qui est ensuite divisé en parts. Les entreprises, ou les pays, reçoivent ensuite un quota de ces parts, qu'ils peuvent échanger entre eux, ce qui crée un marché et un prix de marché. Le produit de l'adjudication des permis peut être affecté en partie à des objectifs sociaux verts, par exemple des aides au chauffage pour les bas revenus, des programmes d'isolation ther-

Au cours des années 1990, l'intensité énergétique (mesurée par unité de PIB) a généralement diminué dans les pays de l'OCDE, sous l'effet des modifications des structures économiques, des mesures d'économies d'énergie et du recul de l'activité économique dans certains pays.

Aujourd'hui, l'efficacité énergétique ne progresse toutefois pas assez vite pour compenser l'effet d'autres facteurs qui font augmenter la consommation d'énergie. Le défi consiste principalement à poursuivre le découplage entre la croissance économique et la consommation énergétique, ainsi qu'à réduire les émissions de polluants atmosphériques et de GES qu'elle engendre, moyennant de nouvelles améliorations de l'efficacité énergétique et le recours à des combustibles plus propres.

Bien que de nombreux pays aient stabilisé leurs prélèvements d'eau en adoptant des systèmes d'irrigation plus efficaces et des techniques de production plus propres, beaucoup sont confrontés à des pénuries d'eau saisonnières ou locales. Ceux dont le territoire comprend de vastes zones arides ou semi-arides sont particulièrement touchés par ces déficits, qui entravent leur développement économique.

Le principal enjeu est d'assurer une gestion durable de l'eau, en évitant la surexploitation et la dégradation des ressources, de façon à assurer la fourniture d'une quantité suffisante d'eau douce de qualité adéquate pour la consommation humaine et le maintien des écosystèmes, aquatiques notamment.

mique et des projets de R&D sur les énergies propres. Concernant le système communautaire d'échange de quotas d'émission, l'Allemagne, qui mettra en vente le montant de droits d'émission le plus élevé au monde, a indiqué qu'au moins 50 % des recettes annuelles escomptées seront consacrées à des initiatives sur le climat, ce qui sera doublement bénéfique pour la croissance verte. S'il peut être délicat de fixer des plafonds appropriés, il semble que les marchés du carbone commencent à fonctionner.

Cependant, il reste beaucoup à faire pour développer les écotaxes et les systèmes de permis négociables, par ailleurs bienvenus en période de déficits budgétaires accrus. D'après le rapport d'étape, les pays industrialisés pourraient lever des recettes à hauteur de 2,5 % du PIB s'ils utilisaient des

systèmes d'échange de droits d'émission avec adjudication intégrale des permis, en vue de réduire les émissions de 20 % à l'horizon 2020 par rapport aux niveaux de 1990.

Les recettes provenant des taxes carbone ou des permis d'émission peuvent se substituer à des formes de taxation entraînant des distorsions, pour le financement de politiques sociales. Elles peuvent également être utilisées pour aider au financement des engagements pris en matière d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ses effets dans les pays en voie de développement. Etant donné le besoin urgent de réduire les déficits budgétaires résultant de la crise économique, ces revenus pourraient aussi être utilisés à des fins de consolidation fiscale. Dans les économies émergentes, ces revenus pourraient servir à financer d'autres priorités pressantes telles que l'éducation, la santé et la lutte contre la pauvreté (voir la figure 2).

Etre plus intelligents, afin d'être plus verts

L'innovation sera un moteur essentiel des économies « vertes » et de la création d'emplois. Des taux de taxation prévisibles et réalistes sont un facteur clé pour encourager les investissements dans l'innovation. Les politiques visant à accélérer le développement, puis la diffusion de technologies propres et des connaissances correspondantes seront un autre facteur clé de la politique à mener. Comme il a été mis en évidence dans la Stratégie de l'innovation de l'OCDE, cela impliquera une approche large, associant des instruments fondés sur les prix, des aides pour inciter les entreprises à s'engager dans les activités vertes, ainsi que des achats publics et le financement de la recherche fondamentale. Il sera essentiel de supprimer les barrières faisant obstacle au commerce des technologies vertes ainsi qu'à l'entrée sur le marché de nouvelles entreprises, et d'améliorer les conditions pour la création d'entreprises, car il est de plus en plus clair que les entreprises nouvelles constituent une source abondante d'innovations plus radicales. Il est aussi nécessaire de mener une coopération multilatérale plus efficace et plus large en matière de sciences, de technologies et d'innovation, et de relever les défis liés à la coopération internationale, aux accords de financement, à la mise en place de moyens et au transfert international de technologies. Ainsi, l'analyse de l'Agence internationale de l'énergie montre qu'il existe un potentiel considérable pour le développement et le déploiement des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et d'autres technologies bas-carbone.

Un besoin pour de nouvelles compétences

D'autres initiatives, notamment la réduction des subventions à la consommation de combustibles fossiles, peuvent aussi favoriser la croissance verte, tout en stimulant l'efficacité et en allégeant les dépenses publiques. D'après une analyse de l'OCDE à partir de données de l'Agence internationale de l'énergie, supprimer les subventions à la consommation de combustibles fossiles dans les pays émergents et en développement pourrait réduire de 10 %

les émissions mondiales de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.

Potentiellement, la croissance verte peut aussi créer de nouveaux emplois, plus écologiques. Depuis janvier 2009, la Corée du Sud (l'un des pays ayant inspiré la Stratégie de l'OCDE pour une croissance verte) a instauré un « *New deal* » écologique dans le cadre de son plan de relance, et investit 50 000 milliards de wons pour créer 960 000 emplois dans divers projets, notamment de transports publics verts, de gestion de l'eau et de remise en état des cours d'eau, d'énergie propre et de technologies de l'information vertes. La France a, quant à elle, consacré 21 % de son programme de 33 milliards de dollars à des mesures vertes qui devraient générer entre 90 000 et 110 000 emplois en 2009-2010 (voir la figure 3).

Mais cet optimisme doit être nuancé. Beaucoup d'emplois ainsi créés seront temporaires. Mais surtout, tandis que les avancées vers la croissance verte pourraient ouvrir des perspectives dans de nouveaux secteurs, le changement structurel s'accompagnera de pertes d'emplois dans les secteurs traditionnels polluants et fortement consommateurs de ressources naturelles.

Le problème vient en partie du fait que l'innovation rend certaines compétences obsolètes, ce qui peut donner lieu à de douloureuses pertes d'emploi. Pour atténuer le choc et préserver la volonté politique d'aller de l'avant sur la voie de la croissance verte, les pouvoirs publics devront compléter les mesures de création d'emplois verts par des dispositifs qui aideront les travailleurs licenciés à rester sur le marché du travail.

Une action internationale est indispensable à la croissance verte

La croissance verte doit aussi être encouragée à l'échelle mondiale, comme l'indique le rapport sur la Stratégie pour une croissance verte. À cet effet, le processus doit rester équitable et honnête. Autrement dit, les gouvernements ne doivent pas se servir de l'environnement comme d'un prétexte pour protéger les entreprises nationales contre la concurrence internationale. Au contraire, ils doivent voir là une occasion d'approfondir l'intégration économique, de renforcer la coopération et les échanges dans le domaine technologique et d'atténuer les pressions sur des ressources mondiales limitées.

La nécessité d'une coopération transfrontalière se manifeste chaque jour. Ainsi, les pays hésitent à instaurer des taxes carbone, invoquant le risque d'une érosion de leur compétitivité s'ils agissaient isolément. Ce point est particulièrement important dans la crise mondiale actuelle. Les pays devront concerter leurs efforts pour aller de l'avant. L'OCDE s'emploie activement à favoriser ces avancées.

La coopération internationale peut certes apporter beaucoup d'enseignements, mais un simple copié-collé de politiques est impensable. Les dispositifs devront être adaptés aux besoins spécifiques de chaque pays. Dans certains pays, des campagnes d'information se révéleront efficaces, alors que d'autres pays devront surtout insister sur les taxes, etc.

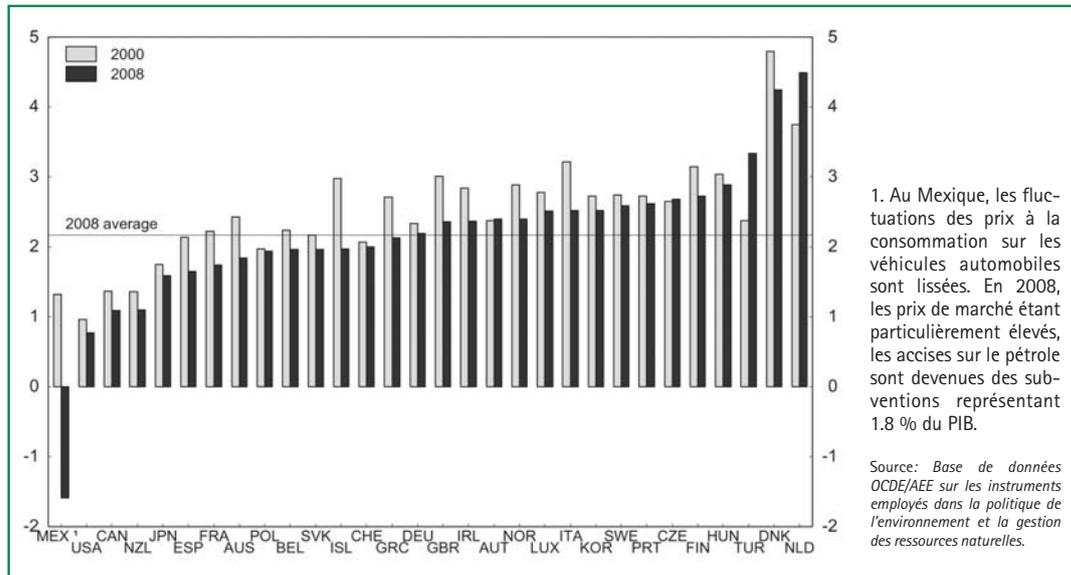


Figure 2 : Les prélèvements fiscaux liés à l'environnement dans les pays de l'OCDE : comparaison entre 2000 et 2008 (en % du PNB).

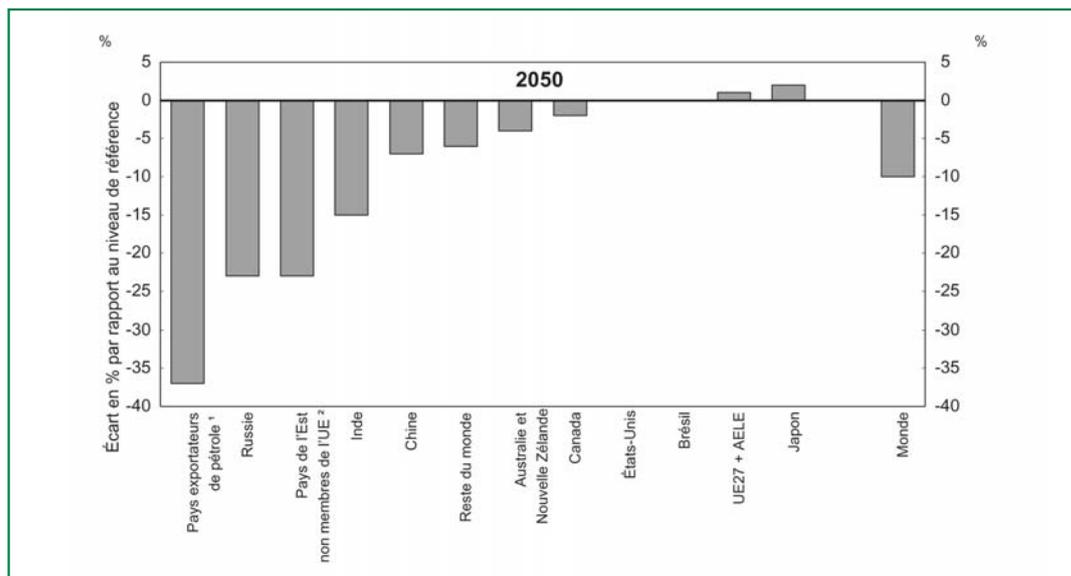


Figure 3 : Effet conjugué sur les émissions de gaz à effet de serre de la suppression des subventions à la consommation d'énergie fossile dans les pays émergents et en développement et du plafonnement des émissions dans les pays développés.

1. Ce groupe comprend les pays du Moyen-Orient, l'Algérie, la Libye, l'Égypte, l'Indonésie et le Venezuela.

2. Dans le modèle ENV-Linkages de l'OCDE, le « reste de l'annexe I » regroupe les pays d'Europe orientale non membres de l'UE.

Source: Modèle ENV-Linkages de l'OCDE, sur la base des données de l'AIE relatives aux subventions pour 37 pays émergents et en développement en 2008.

Croissance verte et développement économique doivent aller de pair

Même si, à l'heure actuelle, la plupart des pays en développement jouent un rôle relativement mineur dans les émissions de gaz à effet de serre, leur contribution devrait croître rapidement.

Les priorités fondamentales de la plupart des pays émergents et en développement restent l'éradication de la pauvreté, l'éducation primaire, la garantie de la sécurité alimentaire et la fourniture de services essentiels, tels que l'eau potable et l'assainissement. Dans le même temps, une large part de leur économie dépend de ressources naturelles, et ces pays sont souvent particulièrement vulnérables

aux impacts du changement climatique, en particulier en termes de sécurité de l'approvisionnement alimentaire et d'accès à l'eau.

L'innovation et l'aide en faveur des nouvelles sources de croissance doivent devenir des composantes à part entière des programmes généraux d'aide au développement. Même dans les pays les plus pauvres, que leur dépendance à l'égard des ressources naturelles rend particulièrement vulnérables aux impacts du changement climatique, les politiques de croissance verte joueraient un rôle utile en tant qu'élément central des programmes d'aide au développement et de renforcement des capacités.

De fait, tous nos efforts ont une incidence sur les pays les plus pauvres. Selon les dernières estimations des Nations unies, à l'horizon 2025, l'accès à l'eau sera problématique pour un tiers de la population mondiale, et d'ici la fin du siècle la moitié de la population mondiale pourrait souffrir de pénuries alimentaires à cause de la hausse des températures.

Enfin, le changement climatique semble avoir relégué à l'arrière-plan médiatique une autre grave menace pour l'environnement : la perte de biodiversité de notre planète. Cette érosion se produit à un rythme accéléré, principalement sous l'effet des modifications de l'utilisation des terres (notamment la conversion à l'agriculture), de la consommation démesurée de ressources naturelles, de la concurrence d'espèces étrangères envahissantes, du changement climatique et de la pollution. La perte de biodiversité affecte les

écosystèmes, le climat et, en définitive, le bien-être et la survie de l'humanité.

Étant donné le rythme alarmant du déclin de la biodiversité, il est impératif de renforcer le poids des politiques de biodiversité dans les stratégies de croissance verte. Certaines dispositions consistent à payer directement les propriétaires de terres pour qu'ils en protègent la biodiversité, ce qui pourrait être un modèle intéressant.

Au moment où l'économie mondiale se débat sur la voie de la reprise, peu de décideurs publics envisagent de revenir aux modèles de croissance d'avant la crise. Dans le monde entier, cette crise a offert aux gouvernements une occasion de modifier l'articulation entre croissance économique et environnement, et la plupart des pays se sont promis de répondre à ce défi. La Stratégie pour une croissance verte devrait les y aider (voir la figure 4 et l'encadré en page suivante).

Le dialogue international autour de la Croissance verte

Une consultation sur le projet de Stratégie sera menée via un site web sécurisé, créé par les pays membres de l'OCDE afin d'accroître la coordination internationale et le débat autour des questions de la croissance verte, et de fournir une plateforme permettant d'échanger les leçons tirées ainsi que les meilleures pratiques. Ce dialogue est ouvert à une large communauté de représentants d'un vaste éventail d'organisations dans plus de quarante pays, allant

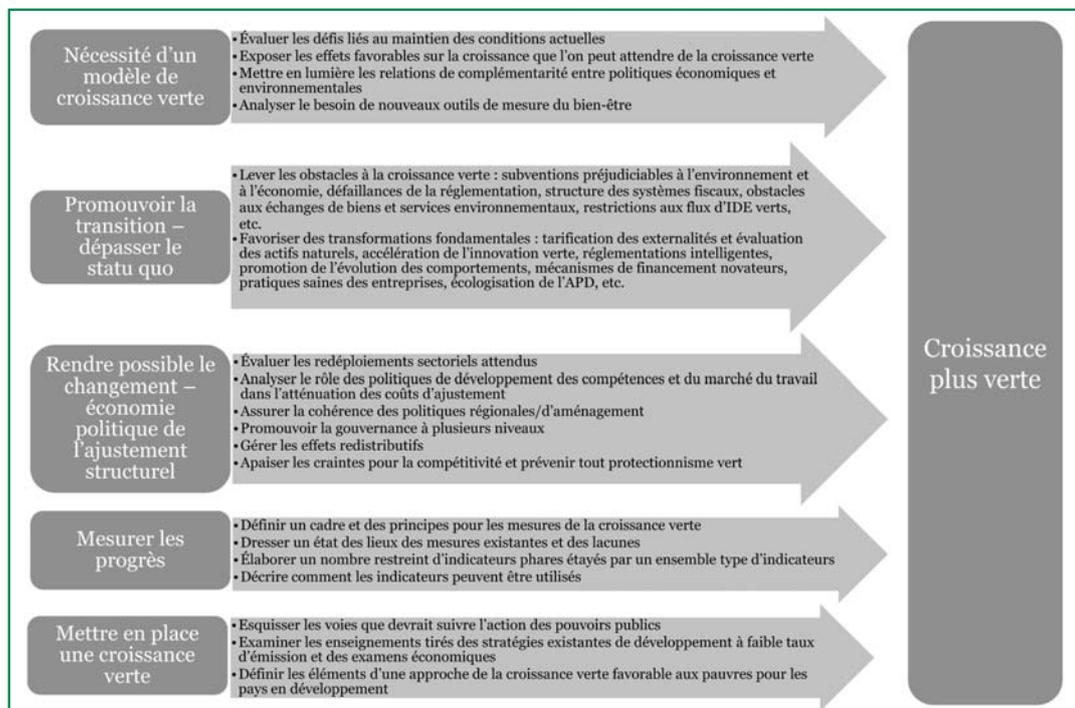


Figure 4 : Le contenu de la Stratégie pour une croissance verte.

Encadré**Quel sera le contenu de la Stratégie de croissance verte ?**

La Stratégie de croissance verte formulera des recommandations en matière de politiques et des conseils pratiques, afin d'aider les pays membres de l'OCDE et les pays partenaires à identifier la manière efficace de passer à une croissance plus verte. Elle aidera les gouvernements à mettre sur pied des politiques permettant de satisfaire les besoins de leurs pays respectifs et à promouvoir une croissance économique et un développement sur des bases plus soutenables du point de vue environnemental et social. Le cadre de la Stratégie de croissance verte sera flexible, ce qui permettra de l'adapter à diverses situations nationales et locales, ainsi qu'à divers niveaux de développement.

La Stratégie évaluera les coûts toutes choses étant égales par ailleurs, afin de démontrer qu'un modèle de croissance plus « vert » est une nécessité. Les politiques de croissance verte tiennent compte de risques environnementaux qui pourraient freiner le progrès économique et social, et elles sont susceptibles de conduire à une croissance plus équilibrée, compatible avec des écosystèmes résilients. Elles peuvent aussi contribuer à créer de nouvelles sources de croissance économique.

La Stratégie mettra en évidence les politiques nécessaires à la transition vers une croissance verte, en identifiant les barrières à lever ou en définissant comment passer de comportements non « durables » à des politiques à long terme réduisant les coûts, stimulant l'innovation, améliorant l'utilisation de l'énergie et des matières premières et améliorant le bien-être. La Stratégie s'intéressera aussi à la politique de réforme concernant les questions économiques, politiques, sociales et institutionnelles que pourraient soulever le passage à une croissance verte.

Comment peut-on mesurer la croissance verte ?

Des outils de mesure seront nécessaires pour aider les décideurs à évaluer l'efficacité de leurs politiques et de leurs dépenses, et de mesurer les progrès effectués sur la voie de la croissance verte. De nouveaux indicateurs et de nouvelles données seront nécessaires pour mesurer ces progrès, notamment pour rendre compte de la qualité environnementale, de la rareté des ressources naturelles et d'une qualité de la vie allant au-delà du simple bien-être matériel. La Stratégie mettra au point un panel d'indicateurs de croissance verte afin de mesurer les progrès réalisés dans le temps et dans les différents pays, et de contribuer à guider la mise en œuvre des politiques.

Les étapes du développement de la Stratégie

Février 2011 : La première version du Rapport de synthèse sera prête à recevoir des commentaires. Des consultations seront menées avec les parties concernées, y compris des représentants de la société civile.

Avril-mai 2011 : Publication du Rapport de synthèse et du Rapport sur les indicateurs.

Mai 2011 : Réunion du Conseil de l'OCDE au niveau ministériel.

Prochaines étapes

La Stratégie esquissera des pistes pour les politiques possibles et elle identifiera les priorités politiques. Après avoir été rendus publics lors du Conseil au niveau ministériel de 2011, le cadre politique et les indicateurs de la Stratégie seront utilisés pour réaliser des monographies par pays et des études sur les performances environnementales, ainsi que des analyses comparatives. Des rapports sur les principales questions seront également publiés, notamment sur l'agriculture, le développement économique, l'innovation et la fiscalité. Plus largement, la croissance verte sera prise en compte dans l'ensemble du programme de travail de l'OCDE en vue d'un examen plus approfondi de questions thématiques et sectorielles ayant trait à la croissance verte.

des gouvernements et des organisations internationales jusqu'à la société civile, en passant par les entreprises. L'accès à ce site peut être accordé aux parties intéressées par ces sujets.

Pour vous enregistrer, envoyez vos coordonnées personnelles et le nom de votre organisation, à l'adresse : green-growth@oecd.org

Si votre inscription est acceptée, vous recevrez votre code de connexion ainsi que plus d'informations sur le processus de la consultation. Les utilisateurs recevront aussi régulièrement une lettre d'information consacrée aux questions de la croissance verte.

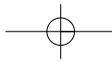
Lecture recommandée : Green Growth Strategy Interim Report: Implementing our Commitment for a Sustainable Future (2010)

Pour plus d'information, consulter le site www.oecd.org/greengrowth ou contacter par mél green.growth@oecd.org

Notes

* Une version de cet article a été publiée pour la première fois dans L'Observateur de l'OCDE, n° 279, mai 2010.

** OCDE, Direction de l'Environnement.



Le soutien au développement des nouvelles techniques de l'énergie (NTE), pour accompagner la transition énergétique vers une économie décarbonée, plus sûre et compétitive

Depuis 2007, dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, la France met en œuvre une stratégie ambitieuse de développement des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) sur son territoire. Au cœur de la politique énergétique nationale, les objectifs de maîtrise de la consommation énergétique et de promotion des énergies renouvelables sont identifiés comme étant prioritaires eu égard aux enjeux énergétiques et climatiques des prochaines décennies.

par Pierre-Franck CHEVET*

Le développement de ces NTE fut également un pilier de la politique portée par la France lors de sa présidence de l'Union européenne, avec l'adoption du paquet énergie-climat européen prônant le principe des « trois fois vingt » à l'échelle de l'Europe : réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 20 %, amélioration de l'efficacité énergétique de 20 % et 20 % d'énergies renouvelables dans notre consommation d'énergie.

Ce consensus européen sur la nécessité d'accélérer le développement des filières NTE – les filières énergétiques renouvelables, les technologies de stockage de l'énergie et les réseaux énergétiques intelligents – est largement partagé sur la scène internationale (1).

Dans le contexte climatique, géopolitique, économique et social actuel, ces nouvelles filières technologiques apportent, en effet, une solution crédible à deux problèmes fondamentaux :

- ✓ l'effet de serre : ces énergies sont faiblement émettrices de gaz à effet de serre ;
- ✓ la sécurité de l'approvisionnement énergétique : produites sur notre territoire avec nos propres ressources, elles augmentent notre indépendance énergétique.

Les énergies renouvelables présentent par ailleurs un certain nombre de caractéristiques potentiellement favorables :

- ✓ sous leur forme domestique (pompe à chaleur, photovoltaïque, solaire thermique...), elles contribuent à une plus juste perception, par chacun d'entre nous, des enjeux énergétiques et par là-même, elles nous incitent à des comportements plus vertueux, notamment en matière d'économies d'énergie ;
- ✓ elles permettent (pour la plupart d'entre elles) de réduire nos émissions de polluants atmosphériques : cela est

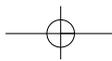
vérifié, en particulier, pour l'éolien, le solaire, l'hydroélectricité ou la géothermie (la biomasse nécessitant, par contre, des dispositifs de filtration) ;

- ✓ elles peuvent avoir un contenu important en emplois : un chauffage collectif au bois (par exemple) crée trois fois plus d'emplois en France qu'une installation équivalente utilisant de l'énergie fossile importée ;
- ✓ enfin, elles font appel à des nouvelles technologies, des ruptures technologiques, et elles sont de ce fait susceptibles de permettre de valoriser l'excellence française en matière de recherche, développement et innovation dans ces domaines.

L'objectif de diviser par quatre nos émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050 nous impose d'agir sur tous les leviers à la fois, en améliorant notre efficacité énergétique dans tous les domaines (logement, transport, industrie, agriculture) et en développant toutes les sources d'énergie décarbonées (nucléaire, énergies renouvelables). Pour relever ce défi énergétique et préparer la transition vers une énergie décarbonée, plus sûre et compétitive, les pouvoirs publics, les organismes de recherche et les professionnels de l'énergie se mobilisent.

C'est dans ce contexte général que la France a décidé de se positionner comme un acteur industriel majeur des nouvelles technologies de l'énergie, à l'image de ce qu'elle a su faire, voici de cela quarante ans, en matière d'énergie nucléaire.

A cette fin, le choix a été fait de ne négliger aucun gisement. A travers une large gamme de dispositifs de soutien aux filières et à l'innovation dans les nouvelles technologies de l'énergie, la France soutient – dans le cadre d'un marché de l'énergie européen – l'émergence ou la consolidation d'acteurs intervenant dans des domaines technologiques



aussi variés que les énergies marines, le solaire thermodynamique, les réseaux énergétiques intelligents ou la production d'unités de biogaz. La France dispose en effet de nombreux atouts, en matière de ressources naturelles, pour la production d'énergies renouvelables (notamment, des ressources hydroélectriques importantes, une des premières richesses forestières en Europe, un très bon gisement éolien, une façade maritime importante, des acteurs industriels reconnus dans les métiers de l'énergie et des réseaux, et une dynamique historique dans le domaine de la maîtrise de l'énergie et des économies d'énergie).

Ainsi, avec la Suède et l'Allemagne, la France est aujourd'hui un des premiers producteurs européens d'énergies renouvelables.

Un soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie : pour quels objectifs ?

Au service des objectifs climatiques portés par la France

La concentration croissante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère devrait engendrer une augmentation de la température moyenne mondiale d'environ 0,2°C par décennie au cours des vingt années à venir.

En l'absence de toute intervention, celle-ci pourrait atteindre entre 1,3°C et 1,7°C d'ici à 2050 et entre 1,8°C et 4°C d'ici à 2100, par rapport au niveau moyen de la période 1980-1999 (GIEC, 2007).

Les dernières analyses scientifiques montrent que la croissance des émissions suit pour le moment la trajectoire la plus pessimiste des scénarios du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Pour limiter l'augmentation de la température mondiale moyenne à 2°C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle, il faudrait stabiliser la concentration de CO₂ à 450 parties pour million, en volume, d'équivalent dioxyde de carbone (ppmv CO₂eq). Cela implique de réduire de moitié les émissions de GES au niveau mondial. Une fois cet effort défini, il convient de le répartir. L'Union européenne propose que les pays développés divisent par quatre leurs émissions. La France a fait sien cet objectif « Facteur 4 » (retenu en 2005 par la loi de programme sur les orientations de politique énergétique (ou loi POPE) et rappelé à l'article 2 de la loi du 3 août 2009 de programmation de la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement) (voir l'encadré 1).

Pour renforcer la sécurité d'approvisionnement et garantir un prix compétitif de l'énergie

La France s'est donnée pour objectif d'assurer la sécurité de ses approvisionnements énergétiques dans un contexte international d'inégale répartition des ressources, de risques de conflits géopolitiques, de tensions récurrentes entre la demande et les capacités de production qui contribuent

Encadré 1

Si, à elles seules, les nouvelles technologies de l'énergie ne peuvent pas contribuer à l'atteinte de la totalité de l'objectif de réduction, comme le montrent régulièrement les rapports de l'Agence internationale de l'énergie sur les perspectives technologiques, elles y contribuent fortement, d'où la nécessité de soutenir cette solution parmi d'autres technologies, comme celles de l'efficacité énergétique, la capture et le stockage du CO₂ ou encore le nucléaire.

notamment à une forte volatilité des cours des matières premières énergétiques.

Si les ressources souterraines mondiales en pétrole et en gaz représentent l'équivalent de plusieurs dizaines d'années de la consommation actuelle, et de plusieurs centaines d'années pour le charbon, elles ne sont pas toutes aisément récupérables ou accessibles. Pour le pétrole, notamment, notre capacité à augmenter significativement le niveau d'extraction actuel fait débat.

Les besoins mondiaux en énergie devraient en tout état de cause connaître une forte augmentation (+ 84 % à l'horizon 2050, dans le scénario de référence de l'AIE, ou encore + 32 %, dans le scénario BLUE Map) (2). Si les combustibles fossiles conservent une place centrale dans ces deux scénarios (couvrant plus de 50 % de la demande), nous aurons besoin de toutes les énergies pour satisfaire cette demande en forte croissance.

Les nouvelles technologies de l'énergie ne peuvent obéir à des logiques de développement séparées ; elles doivent, au contraire, faire l'objet d'une stratégie énergétique globale. Avec les programmations pluriannuelles des investissements (PPI) pour l'électricité, le gaz et la chaleur renouvelable, la France a fait ce choix, celui d'un développement raisonné des capacités de production d'électricité décarbonnée et des infrastructures afin de tirer le meilleur parti de la diversité des sources d'approvisionnement et réduire ainsi notre vulnérabilité à la conjoncture internationale (voir l'encadré 2).

Encadré 2

Soutenir le développement rapide des nouvelles technologies de l'énergie, dans le cadre d'une politique globale de verdissement rapide de l'économie française, apparaît comme un des leviers d'action les plus crédibles face à d'éventuelles nouvelles hausses du prix du pétrole, en complément des actions déjà engagées sur la transparence et la régulation des marchés, et en matière de dialogue avec les pays producteurs.

Le développement des nouvelles technologies de l'énergie, c'est également :

Apporter une réponse adaptée à la problématique énergétique des territoires insulaires

Le développement des nouvelles technologies de l'énergie peut apporter des réponses particulièrement adaptées aux systèmes insulaires. Avec son réseau de départements, pays et territoires d'outre-mer (qui ne sont pas raccordés à des réseaux continentaux et pour lesquels l'accès aux services énergétiques s'opère dans des conditions technologiques et économiques très différentes de celles de la métropole), la France bénéficie d'un marché propice au développement de celles des énergies renouvelables qui sont susceptibles de s'avérer, dans ces territoires, plus compétitives que les énergies traditionnelles.

Les industriels français porteurs de ces solutions technologiques de niche pourront s'appuyer sur leurs premières réalisations (constituant une vitrine technologique) dans ces territoires « laboratoires » pour valoriser leurs savoirs et leurs savoir-faire à l'export et apporter ainsi, à l'international, des réponses aux problématiques insulaires, mais aussi à celles de nombreuses régions « isolées de fait » en raison de l'absence d'infrastructures de distribution d'énergie.

Une garantie, pour les pays émergents, d'avoir un accès durable à l'énergie nécessaire à leur développement

La consommation totale d'énergie dans le monde devrait passer de 10 gigatonnes équivalent pétrole (Gtep) par an, à l'heure actuelle, à 22 Gtep par an en 2050, pour une population mondiale estimée à environ 9 milliards d'habitants à cette date (contre environ 6 milliards, à ce jour). La demande d'énergie augmentera fortement dans les régions du monde en développement où les besoins énergétiques de base sont loin d'être satisfaits, à l'heure actuelle. Peu après 2010, la consommation de ces pays dépassera celle des pays industrialisés et, en 2050, elle représentera les deux tiers de la consommation mondiale d'énergie.

L'importance des besoins énergétiques des pays en développement pèsera donc significativement sur la demande d'énergie mondiale. Pour ces pays, les enjeux seront tels que les efforts actuels (qui reposent sur les solutions énergétiques existantes) ne permettront pas de réussir la transition nécessaire, rapide et à grande échelle, vers un modèle énergétique bas carbone, pourtant indispensable en raison des enjeux climatiques et de sécurité d'approvisionnement (voir l'encadré 3).

Une opportunité à saisir pour l'emploi et la compétitivité de l'industrie française

Dans un contexte de crise de l'économie mondiale, le soutien au développement des filières vertes, dont font partie les nouvelles technologies de l'énergie, est naturellement

Encadré 3

Soutenir le développement des nouvelles technologies de l'énergie à l'échelle internationale, pour un déploiement effectif dans les pays en développement, répond à un double impératif : celui du développement économique de ces pays et celui de la lutte, à l'échelle mondiale, contre le réchauffement climatique. Aujourd'hui, la Chine et l'Inde sont déjà respectivement les 1^{er} et 3^e émetteurs mondiaux de gaz à effet de serre.

apparu comme un des axes des programmes de relance, notamment dans leur composante de soutien à l'investissement. C'était le cas du plan américain de février 2009 et du plan français de décembre 2008, qui trouve un prolongement dans la poursuite de la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement et dans les programmes d'Investissements d'Avenir.

Les emplois bruts créés et les revenus distribués suscitent une augmentation de la demande qui stimule l'activité, et la diminution de la facture pétrolière renforce cet effet en augmentant le revenu disponible : le soutien à la croissance verte exerce ainsi des effets multiplicateurs sur la production et sur l'emploi. En outre, le déficit extérieur tend à se réduire, grâce à l'allègement de la facture pétrolière et grâce à des investissements requérant moins d'importations (comme ceux qui concernent l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments ou le développement de transports ferroviaires).

Opportunité économique à saisir pour l'emploi et la compétitivité française, ce développement des nouvelles technologies de l'énergie pourrait permettre de développer en France des filières industrielles d'excellence et de créer plusieurs centaines de milliers d'emplois, notamment dans les secteurs de la rénovation des bâtiments, de l'assemblage, de l'installation et de la maintenance des dispositifs de production d'énergie renouvelable, ainsi que dans la production de solutions complexes et non délocalisables faisant appel à l'excellence internationalement reconnue de certains secteurs de l'ingénierie française.

Une étude de l'Ademe (2008) a montré qu'à l'horizon 2012, la création d'emplois dans les domaines des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique serait de l'ordre de 220 000 emplois supplémentaires, par rapport à 2007. Le marché des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique s'élèverait à 70 milliards d'euros en 2012 (contre 33 milliards en 2007).

La France compte des acteurs industriels reconnus, plusieurs réalisations exemplaires dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie et elle met en œuvre, depuis plus de trois décennies, des efforts d'économie et de maîtrise de l'énergie.

La tradition d'excellence de l'ingénierie française, sa renommée scientifique, sa maîtrise reconnue des systèmes complexes, sa capacité d'innovation et sa présence historique dans le domaine de l'énergie permettent aujourd'hui à la France de se positionner en tant qu'acteur majeur, au

niveau mondial, du développement industriel des filières énergétiques « vertes ».

Mais elle doit faire face, avec la montée en puissance des économies émergentes (notamment celle de la Chine) à une compétition intense dans la production des équipements et composants. Dans ce contexte international extrêmement concurrentiel, toutes les filières énergétiques « vertes » n'ont pas, en France, le même avenir industriel. Pour une filière donnée, et en tenant compte de la montée en puissance des capacités de production des pays émergents et des réalités de marché, les industriels français pourront se concentrer sur l'amont et notamment sur la mise au point de solutions technologiques innovantes (propriété industrielle), sur de la production industrielle de solutions complexes ou non-délocalisables, ou encore sur de la production de services à haute valeur ajoutée (voir l'encadré 4).

Pourquoi est-il nécessaire de soutenir le développement des nouvelles technologies de l'énergie ?

Le coût de production de l'électricité obtenue à partir d'énergies renouvelables (hors grand hydraulique) – est actuellement supérieur au coût moyen de production du parc électrique français. La barrière à l'entrée, pour ces nouvelles technologies de l'énergie, est trop importante pour laisser un espace économique suffisant à l'émergence de ces nouvelles filières.

Pourtant, le développement des énergies renouvelables permet d'éviter des émissions de gaz à effet de serre, de limiter la pollution de l'air, de minimiser l'impact environnemental ; autant d'externalités positives justifiant que l'Etat intervienne pour valoriser les gains climatiques et environnementaux en rémunérant les agents économiques pour les émissions évitées (et plus généralement, pour les actions de défense de l'environnement qu'ils peuvent mener).

Par ailleurs, le développement de ces technologies innovantes prend du temps et fait appel à de nouveaux modèles de croissance, d'organisation des moyens de recherche et développement favorisant les ruptures technologiques et accélérant le passage du concept à sa validation, puis le *time to market* des solutions identifiées.

L'intervention de l'Etat permet alors de soutenir et d'accélérer la mise en place de ce nouveau mode de croissance. L'Etat est en effet l'initiateur de ce changement de politique industrielle, qui doit être mené afin d'aider à coordonner (et parfois à mutualiser) les efforts d'innovation, à couvrir les coûts d'apprentissage, à assurer la formation et la qualification des travailleurs...

Cette politique de développement industrielle « verte » (ou écologique) peut également apporter une solution aux problématiques des secteurs d'activité en crise, en accompagnant la reconversion d'une partie de ces activités, en facilitant les transitions professionnelles, en garantissant l'orientation et la qualification de la main-d'œuvre vers les secteurs en développement. Ainsi, l'émergence d'une filière industrielle de l'éolien en mer est une opportunité unique

Encadré 4

Avec ses entreprises de rang mondial dans l'énergie et le génie civil, ses industries de pointe, son tissu industriel dans le domaine des matériaux et l'électromécanique, ses compétences en matière d'ingénierie et de logistique, ses infrastructures portuaires et sa capacité à relever les grands défis technologiques et industriels, la France dispose de sérieux atouts pour jouer un rôle de premier plan dans la compétition industrielle qui débute aujourd'hui. Mais la compétition entre filières et entre économies est intense et les aléas technologiques et de marché sont nombreux. Le soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie pourrait, par conséquent, ne pas profiter à toutes les filières.

pour le développement des activités portuaires, des chantiers navals et, plus généralement, de l'industrie et des bassins d'emplois situés sur le littoral.

A l'échelle internationale, le soutien massif et rapide de l'Etat est nécessaire pour accompagner et faire émerger rapidement des acteurs qui soient capables de soutenir la concurrence internationale, dans ces nouveaux secteurs où les coûts d'entrée et les positions acquises privilégieront les premiers entrants.

En outre, l'Etat peut – en portant une politique volontariste de développement industriel des filières énergétiques renouvelables – favoriser ses exportations d'équipements et de services, améliorant ainsi son commerce extérieur, et donc, indirectement, permettre le maintien du niveau de vie de ses habitants.

C'est, enfin, un enjeu de souveraineté et de positionnement de la France sur la scène politique internationale. A l'heure où les annonces et les initiatives internationales concernant le développement des énergies décarbonées se multiplient, la France peut se doter d'une stratégie de développement de ces filières lui permettant de se positionner durablement dans le peloton de tête des pays leaders en la matière. Elle s'implique déjà, au travers d'un certain nombre d'initiatives bilatérales et multilatérales, dans l'aide au déploiement rapide des nouvelles technologies de l'énergie (dont les énergies renouvelables) dans les pays en développement, où seules la coopération internationale entre les pays détenteurs de ces technologies d'énergies bas carbone et les pays en développement, la mutualisation des efforts en cours et leur accélération pourront permettre les transferts de technologie nécessaires et leur déploiement effectif dans ces régions du monde.

Comment soutenir le développement des nouvelles technologies de l'énergie ?

Le soutien au développement des filières énergétiques vertes fait appel à différents instruments, depuis le soutien à la recherche amont (dotations aux organismes publics de

recherche, financement de démonstrateurs de recherche...), en passant par la planification (feuilles de route, appels d'offres) jusqu'à la diffusion de ces technologies par le soutien à l'aval (tarifs d'achat, crédits d'impôt, fonds chaleur, etc.).

Les montants d'aide publique alloués dans ce cadre sont significatifs, ce qui nécessite qu'il soit procédé, à intervalles réguliers, à des évaluations suivies d'ajustements en fonction de cette évaluation et de la prise en compte d'exigences environnementales croissantes, dans un contexte de raréfaction des ressources budgétaires et financières (coût pour les finances publiques, coût pour le consommateur, articulation entre ces différents instruments, cohérence des politiques publiques).

Une pluralité d'instruments de soutien aux filières et des montants significatifs

Le tableau 1 que nous présentons ci-après montre la plupart des instruments de soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie, notamment les filières énergétiques renouvelables. Il fournit des éléments financiers (lorsque les données sont disponibles).

Le soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie fait principalement appel à des instruments de nature réglementaire et/ou économiques, tant pour la production de chaleur que pour la production d'électricité ou bien encore pour celle des biocarburants. Ces instruments visent à stimuler la production d'énergie décarbonée par un soutien essentiellement à la recherche et développement, à la demande et (directement, ou indirectement) à l'offre.

Pour préparer l'avenir des technologies de l'énergie à l'horizon 2030-2050, le Gouvernement est en train de définir les priorités stratégiques de recherche dans le domaine de l'énergie portant tant sur les usages énergétiques que sur leurs filières de production. Cette Stratégie Nationale de Recherche en Énergie (SNRE) doit permettre de mobiliser les moyens et les savoirs de la recherche française afin de conforter un certain nombre de percées scientifiques susceptibles de conduire à des innovations majeures. Elle doit également relever, avec audace et avec des moyens suffisants, de véritables paris scientifiques et techniques permettant des ruptures dans le domaine des technologies de l'énergie. Les éléments de cette stratégie seront notamment repris par l'Alliance nationale de coordination de la recherche en énergie (ANCRE), ainsi que dans les contrats d'objectifs des établissements publics de recherche.

Les moyens financiers alloués à la recherche et à l'innovation dans le domaine des technologies propres sont considérables. Le 25 octobre 2007, à l'occasion de la restitution des conclusions du Grenelle de l'Environnement, le Président de la République avait déclaré : « Nous allons engager 1 milliard d'euros sur quatre ans pour les énergies et les moteurs du futur, la biodiversité, la santé environnementale. Là où nous dépensons 1 euro pour la recherche nucléaire, nous dépenserons le même euro pour la recherche sur les technologies propres et sur la prévention des atteintes à l'environnement. Nous voulons être exemplaires des deux côtés. »

En outre, les récents dispositifs incitatifs et les programmes mis en place (notamment dans le cadre des Investissements d'Avenir) devraient permettre de dynamiser les démarches de valorisation et de créer un réel espace pour la recherche partenariale entre acteurs publics et privés, qui est essentielle pour la prospérité et la compétitivité de notre économie. En focalisant ces travaux collaboratifs sur quelques domaines d'excellence, tant privés que publics, en matière d'innovation et cela, en fonction de la viabilité économique prévisible des technologies soutenues, l'État souhaite pérenniser des partenariats stratégiques publics/privés autour de grands enjeux économiques.

Ainsi, en s'inspirant des meilleures pratiques internationales, le Gouvernement devrait lancer prochainement, dans le cadre des programmes d'Investissements d'Avenir, un appel à projet pour la création d'Instituts d'excellence en énergies décarbonées (IEED) regroupant, dans une logique de développement de filière, des établissements de formation, des laboratoires de recherche appliquée (publics et privés), des moyens de prototypage et de démonstration industrielle, le cas échéant, et des acteurs économiques, pour l'essentiel sur un même site, en renforçant ainsi les écosystèmes constitués par les pôles de compétitivité.

Pour aller plus loin et réussir le pari de la croissance verte, avec l'ensemble des acteurs des nouvelles technologies de l'énergie, le Gouvernement s'est récemment organisé, en recrutant une équipe d'experts pour accélérer le développement industriel des filières énergétiques « vertes ». D'ici la fin de l'année 2010, ces experts devront avoir proposé un plan d'action pour le développement industriel de chaque filière déclinant les choix stratégiques du Gouvernement en matière de politique industrielle en actions concrètes, afin de mobiliser en conséquence les efforts tant publics que privés.

De premières actions (notamment dans les domaines de la recherche et de l'innovation, de la réglementation ou de la normalisation, de l'incitation et de la stimulation de la demande, de la fiscalité, de la formation, ou de l'information) seront mises en œuvre dès le début de l'année 2011.

En travaillant ainsi sur une vision claire et partagée de l'avenir de ces filières, le Gouvernement se donne les moyens de développer et de renforcer l'emploi et la compétitivité de l'industrie énergétique française pour le court, le moyen et le long terme.

Le soutien au développement des énergies renouvelables, des économies d'énergie et des technologies bas carbone fait appel à toute la palette des instruments *ad hoc* : réglementations, normes, mesures incitatives, mécanismes de marché, mesures d'information (voir l'encadré 5 et la figure 1).

Un dispositif global et évolutif pour une politique de soutien dynamique, efficace et efficiente

La multiplicité des instruments et leur complexité exigent un suivi régulier de leur mise en œuvre pour garantir l'efficacité, le moindre poids pour les finances publiques et la cohérence du dispositif global de soutien.

Afin d'en vérifier la pertinence et la cohérence (notamment au regard des enjeux énergétiques et climatiques), ces

TIC ET RESSOURCES POUR UNE ÉCONOMIE PLUS VERTE

43

Mesure	Nature de l'instrument	Soutien à la R&D, à la demande ou à l'offre	Montant (en millions d'euros)
Fonds démonstrateurs ADEME	Subventions	Stimulation R&D	325 M€ sur la période 2009-2012
ANR	Subventions	Stimulation R&D	868 M€ en 2010 (Source : PAP « Recherche et enseignement supérieur » 2010) Dont 80 M€ concernant la lutte contre le changement climatique (source : DPT climat 2010)
Programmes d'investissements d'Avenir	Subventions, avances remboursables, prêts bonifiés, dotation en capital...	Stimulation R&D et innovation	A compter de 2010 : 1 000 M€ pour la création d'Instituts d'Excellence en Energies Décarbonées (IEED). 2 600 M€ pour des démonstrateurs et des plateformes dans le domaine des énergies décarbonées, de la chimie verte, des réseaux énergétiques intelligents et des véhicules du futur
Pôles de compétitivité	Subventions	Stimulation R&D et innovation	Près de 96 M€ pour des projets dans le domaine de l'énergie sur la période 2005-2009
Crédit d'impôt sur le revenu développement durable	Dépense fiscale	Demande	1950 (2011)
TVA à taux réduit (travaux dans les logements de plus de deux ans) pour les équipements de production d'énergie renouvelable dans le secteur résidentiel existant	Dépense fiscale	Demande	5250 (2010) Source : PAP « ville et logement » 2010
Eco-prêt à taux zéro pour les travaux d'amélioration de la performance énergétique des logements	Dépense fiscale	Demande	50 (2011)
Aides ANAH	Subventions	Demande	619 (2009) Source : rapport d'activité 2009 de l'ANAH
Plan de rénovation logements sociaux et bâtiments publics	subventions	Demande	- Logement sociaux => éco-prêt logement social : 1 200 sur 2009-2010 (pour traiter les 100 000 logements prioritaires) Source : logement.gouv.fr - Bâtiment publics : 200 M€ accordés pour l'ensemble du plan en 2008 dans le cadre du plan de relance, dont 50 M€ pour les audits et 150 M€ pour la rénovation Source : DHUP
Certificats d'économies d'énergie	Instrument de marché	Demande	/
Réglementation thermique	Réglementaire	Demande	/
Diagnostic de performance énergétique	Information	Demande	/
Bonus COS	Réglementaire	Demande	/
Espaces info/énergie	Information	Demande	/
Campagnes Ademe	Information	Demande	/
Amortissements accéléré et exceptionnel	Dépense fiscale	Offre	- ENR et MDE : 10 M€ (2010) - épuration des eaux et pollution atmosphérique : 40 M€ (2010) - bruit : 5 M€ (2010) - véhicules GPL et GNV : 15 M€ (2010) - matériels pour approvisionnement en GPL et GNV : 4 M€ (2010) Source : PAP « écologie, développement et aménagement durables » 2010
Fonds chaleur	Subventions	Demande/offre	1 200 sur la période 2009-2013
TVA à taux réduit pour les réseaux de chaleur urbains utilisant plus de 50 % d'EnR	Dépense fiscale	Demande	25 (2011)

Tableau 1. Principaux instruments de soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie en France.

Mesure	Nature de l'instrument	Soutien à la R&D, à la demande ou à l'offre	Montant (en millions d'euros)
Classement des réseaux de chaleur urbains	Réglementaire	Demande	/
Plan de performance énergétique des exploitations agricoles	Subventions	Demande	12 (2011)
Plan de soutien à la politique de déchets	Subventions	Offre	- Soutien CND : 0,5 M€ (AE 2010) - ADEME : 10 M€ (AE 2010) Source : PAP « écologie, développement et aménagement durables » 2010
Tarifs d'achat de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables	Subventions (financées par le consommateur)	Demande	/
Appels d'offres	Subventions	Demande/offre	
Exonération partielle de taxe intérieure sur la consommation des biocarburants	Dépense fiscale	Offre	196 (2011)
Incorporation obligatoire des biocarburants avec paiement de la taxe générale sur les activités polluantes en cas de manquement	Fiscalité	Demande	

Tableau 1 [suite] : Principaux instruments de soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie en France.

Encadré 5

Cette palette d'instruments permet de couvrir toutes les étapes de maturité d'une filière, depuis ses premiers stades de développement, son émergence sur des marchés de niches, puis sa commercialisation à grande échelle. Toutes les filières ne font pas l'objet du même accompagnement ; pour les filières pour lesquelles le gouvernement a une ambition industrielle, les instruments de soutien à la R&D et à l'investissement sont essentiels. L'effort public consenti est alors justifié par la création d'emplois (dans le secteur de la production et de l'ingénierie) et de valeur escomptée. Pour d'autres filières, la politique de soutien peut intervenir plus en aval, alors que les technologies sont matures. Elle bénéficie alors essentiellement aux développeurs et aux installateurs, en dynamisant la demande.

instruments feront régulièrement l'objet d'évaluations, puis d'ajustements, en fonction de cette évaluation et de la prise en compte d'exigences environnementales croissantes.

L'efficacité d'un dispositif de soutien au développement des nouvelles technologies de l'énergie est souvent évaluée au travers de la comparaison des moyens publics mobilisés avec les résultats de la mesure de soutien (en tonnes de CO₂

évitée). Ainsi, dans le cas de l'éolien, la tonne de CO₂ évitée est évaluée, selon certaines estimations, dans une fourchette allant de 230 à 280 euros. Sur la base de cette seule évaluation, les efforts de soutien au développement de la filière pourraient être jugés discutables, car non efficaces en termes de coût de la tonne de CO₂ évitée, alors même que l'éolien est l'énergie renouvelable la moins chère en Europe.

Ce coût de la tonne de CO₂ évitée dépend en fait de nombreux paramètres, dont celui de la substitution aux autres énergies (3) : l'éolien se substitue-t-il au mix (70g de CO₂ par kWh), au mix marginal (500 g de CO₂ par kWh), ou au charbon (1 000g de CO₂/kWh) ? Dès lors, on le constate, cette évaluation peut varier considérablement (de 223 euros par tonne de CO₂ évitée à... 14 euros !)

L'évaluation du bilan énergétique et climatique du développement d'une filière propre, qui fait intervenir un grand nombre de paramètres, est extrêmement complexe

Une étude intitulée « Analyses de cycles de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France » a été conduite récemment (en février 2010) par l'Ademe pour réévaluer le gain en CO₂ de cette filière.

Cette étude « du puits à la roue » conclut notamment que de façon générale (et sans tenir compte des effets du changement d'affectation des sols), les biocarburants produits en France (biodiesel et bioéthanol) affichent des

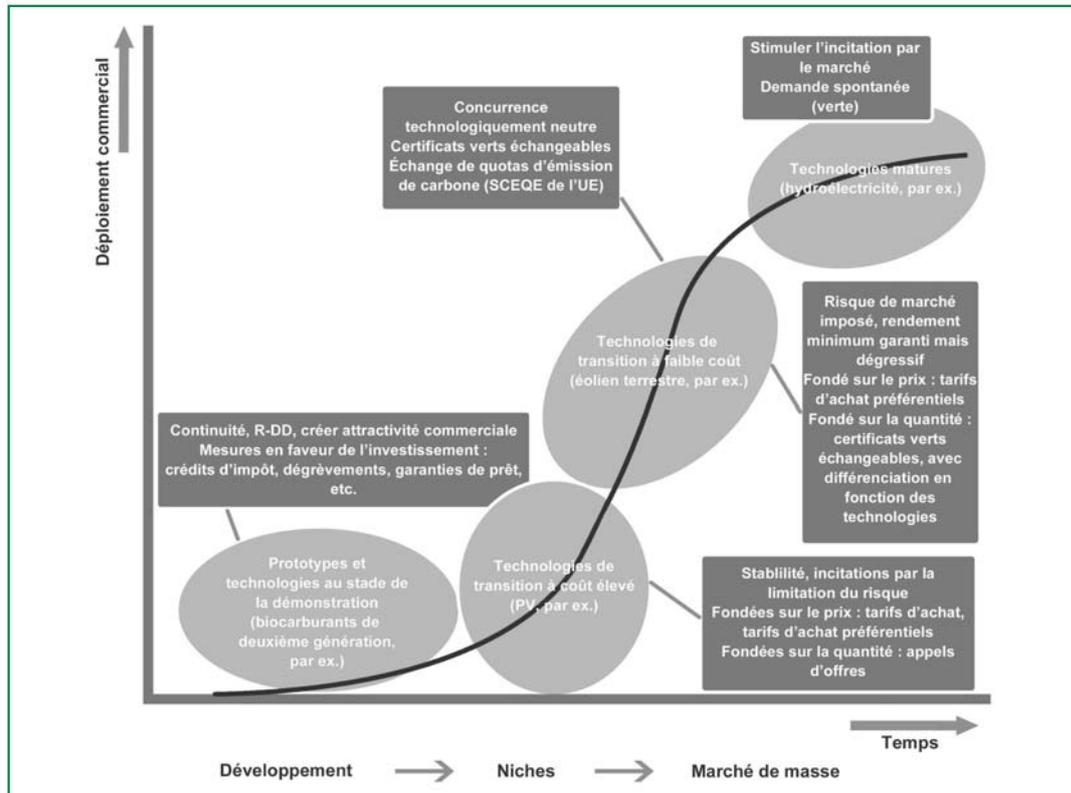


Figure 1 : Le cadre de l'action publique – Articulation des instruments de soutien au développement des filières en fonction de leur maturité (source AIE).

bilans d'émissions de gaz à effet de serre plus favorables que ceux des carburants fossiles (gazole et essence). Néanmoins, l'impact des changements d'affectation des sols est discriminant ; en effet, cette même étude établit que lorsque le développement de cultures utilisées pour la production de biocarburants aboutit, directement ou indirectement, à la disparition de prairies, de zones humides ou de forêts primaires, le bilan de gaz à effet de serre des biocarburants peut s'avérer négatif.

L'efficacité d'un dispositif peut également être mesurée à son effet incitatif

L'effet de levier d'un dispositif sur le développement d'une filière peut être important peu après sa mise en œuvre, puis diminuer dans le temps avec la maturité de la filière, son développement commercial et la diminution du coût des technologies en jeu. Afin d'éviter de générer des effets d'aubaine (4) coûteux pour les finances publiques et inefficaces pour le développement de la filière, cet effet de levier est alors révisé à la baisse ou remplacé par un autre dispositif plus adapté, voire supprimé.

Le crédit d'impôt développement durable fait ainsi régulièrement l'objet d'ajustements et ce, à deux niveaux : d'une part, les taux de crédit d'impôt varient et, d'autre part, la

liste des équipements éligibles est modifiée, notamment en tenant compte du taux de pénétration de l'équipement afin de privilégier les équipements les plus performants.

Pour les biocarburants de première génération, compte tenu de la coexistence de l'exonération partielle de la taxe intérieure à la consommation (TIC) avec le dispositif de TGAP, devenu le principal levier de l'incorporation des biocarburants, le Gouvernement envisage une baisse programmée de la défiscalisation. L'exonération, en euros par hectolitre, est ainsi ramenée de 22 euros à 8 euros pour le biodiesel entre 2008 et 2011, et de 27 euros à 14 euros, pour le bioéthanol. La dépense fiscale inscrite au budget est ainsi passée de 546 millions d'euros en 2009 à 196 millions d'euros pour l'année 2011.

Enfin, le tarif d'achat des énergies renouvelables fait lui aussi l'objet d'ajustements afin de tenir compte de l'évolution du coût de ces technologies, qui diminue à due proportion de leur déploiement industriel et commercial.

La performance des dispositifs d'incitation dépend du cadre global d'action dans lequel ceux-ci s'inscrivent

Si l'incitation fiscale ou financière est régulièrement retenue pour initier l'émergence d'une filière au travers

(notamment) d'achats d'équipements vertueux ou d'opérations de performance énergétique, son efficacité peut être variable.

D'autres facteurs peuvent intervenir dans l'acte d'achat ou dans la décision, notamment de natures sociale ou culturelle (inertie ou réticence au changement). Ainsi, dans le secteur du bâtiment, un certain nombre de barrières non économiques ou d'imperfections de marché ont été également identifiées ; il s'agit des règles régissant les rapports entre propriétaires et locataires, du manque de solvabilité de certains ménages, privant ceux-ci des moyens de financer des travaux, pourtant rentables sur le moyen terme, d'un défaut d'information... Dès lors, pour garantir l'efficacité d'un dispositif de soutien, la puissance publique doit lever l'ensemble de ces barrières non économiques afin d'améliorer le fonctionnement du marché et celui des politiques.

Pour un développement raisonné des filières énergétiques « vertes »

La France a fait le choix d'un développement raisonné et encadré des nouvelles technologies de l'énergie. Il s'agit notamment d'articuler le développement de ces filières avec d'autres problématiques majeures :

- ✓ la pollution de l'air avec notamment une réglementation stricte des installations utilisant la biomasse en termes d'émissions de particules. De la même manière, la liste des équipements éligibles au crédit d'impôt développement durable prend en compte, directement ou indirectement, *via* l'efficacité des équipements, les problématiques de pollution locale ;
- ✓ la pérennité des filières, notamment de production de matériaux ou de chimie du végétal, qui utilisent déjà de la biomasse ou qui sont susceptibles d'en accroître l'utilisation ;
- ✓ l'impact paysager, avec, notamment, une réglementation stricte encadrant l'implantation des éoliennes et une incitation financière en faveur des installations photovoltaïques intégrées au bâti. La production de guides d'études d'impact, notamment dans le cadre de l'éolien,

permet aux acteurs (services déconcentrés, associations, opérateurs économiques) de partager les méthodologies visant à analyser les impacts des parcs ;

- ✓ les conflits d'usage des sols, survenant notamment lors de travaux, autour des différents usages agricoles des sols, en déployant une vigilance accrue sur l'implantation des centrales photovoltaïques et des éoliennes au sol, notamment sur les terrains agricoles ;
- ✓ l'impact architectural, avec notamment une adaptation des exigences thermiques des bâtiments selon leur caractère architectural.

En conclusion, comme le souligne l'OCDE (5), « une très grande variété de dispositifs d'incitation peut être utilement appliquée selon la technologie et le pays considérés (...) Il est donc nécessaire de ne plus limiter la réflexion à la nature des dispositifs d'incitation les plus performants, et de l'élargir à l'ensemble du cadre d'action dans lequel ils s'inscrivent ».

C'est bien vers ce cadre d'action que tend le dispositif français actuel afin de tirer parti de l'abondance des énergies renouvelables disponibles en France, tout en cherchant les options d'un bon rapport coût/efficacité en vue d'un avenir sobre en carbone.

Notes

* Directeur général à la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement).

(1) L'Agence internationale de l'énergie considère, dans ses analyses prospectives à l'horizon 2050, que les nouvelles technologies de l'énergie (NTE) joueront un rôle majeur.

(2) En énergie primaire.

(3) Travaux de la Commission Syrota (CAS), octobre 2007.

(4) Un effet d'aubaine se produit lorsqu'une mesure d'aide profite à un bénéficiaire qui, en l'absence de toute aide, aurait pris la même décision.

(5) Rapport intérimaire de la stratégie pour une croissance verte : Concrétiser notre engagement en faveur d'un avenir durable, 27-28 mai 2010.

Comment caractériser l'efficacité des politiques de réduction des émissions de GES ? Une méthode d'analyse en univers incertain

Pour le compte de l'Ademe, Carbone 4 a développé, puis implémenté dans plusieurs outils, une méthodologie d'évaluation de l'efficacité des politiques de réduction des émissions de GES, selon le double critère « coût complet à la tonne d'équivalent CO₂ évitée » – « potentiel d'émissions évitées ».

par Stéphane AMANT *

L'originalité de cette méthodologie réside dans sa capacité à confronter les mesures effectuées à des contextes socio-économiques très variés, apportant ainsi des éléments d'analyse utiles dans le cadre d'une réflexion en univers incertain, ce qui va s'avérer de plus en plus incontournable. En révélant quels sont les facteurs clés gouvernant l'efficacité de chaque mesure, elle permet, en outre, d'identifier les conditions de son succès (ou de son échec) et elle est susceptible de constituer, de ce fait, un outil précieux d'aide à la décision.

Pourquoi s'intéresser à une méthode de calcul du « coût complet à la tonne d'équivalent CO₂ évitée » ?

La nécessité à laquelle la puissance publique est confrontée de se doter d'outils lui permettant le pilotage de sa politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre résulte de la conjonction de trois facteurs.

En premier lieu, au regard de ses engagements internationaux et communautaires visant à participer à la lutte contre le changement climatique d'origine anthropique, la France se doit de respecter un certain nombre d'objectifs. Pour cela, l'Etat a proposé et mis en œuvre un ensemble de mesures concernant de multiples secteurs d'activités (transport, habitat, agriculture, production d'énergie, etc.), au moyen d'instruments très divers (fiscalité, réglementation, subventions, etc.).

Le besoin d'arbitrer parmi ces multiples choix est aujourd'hui renforcé par les impératifs de rigueur budgétaire. Cette contrainte supplémentaire justifie encore davantage le recours à des méthodes et à des outils de gestion transparents permettant de proposer une mesure de l'efficacité des politiques publiques. Le calcul du « coût complet à la tonne d'équivalent CO₂ évitée » en est une illustration typique. Le législateur ne s'y est d'ailleurs pas trompé,

comme en témoigne la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (1).

Enfin, le monde au sens large, dans toutes ses dimensions sociétale, économique et physique, devient de moins en moins prévisible. Pour le décideur qu'est l'Etat, la conséquence opérationnelle directe de cette future « réalité » est la nécessité de pouvoir disposer de méthodes et d'outils qui aient été conçus autour d'une approche dynamique et non plus statique. C'est là un pré-requis indispensable pour être à même de se confronter à l'incertitude.

C'est la convergence de ces trois éléments de contexte qui a guidé l'Ademe et Carbone 4 dans leur démarche conjointe de développement d'une méthode dynamique de calcul des « coûts complets à la tonne équivalent CO₂ évitée ».

Une méthode innovante pour aider à la décision en univers incertain

Le besoin de revoir les méthodes d'évaluation

Dans un ouvrage paru en 2008 [1], le spécialiste des sciences de l'incertitude Nassim Nicholas Taleb affirmait que le monde dans lequel nous évoluons « est dominé par l'extrême, l'inconnu et le très improbable ». Et il ajoutait, non sans crainte, que « l'avenir sera de moins en moins prédictible, alors que les sciences sociales semblent conspirer pour nous dissimuler cette idée ».

Pour tous ceux qui ont compris la profonde imbrication mêlant économie, environnement et usage de l'énergie, ce constat paraîtra moins surprenant qu'aux autres. Le fait d'atteindre les limites de notre monde fini (en termes de ressources ou de capacités d'épuration) ne peut que déclencher une série de réactions inédites, nos activités étant toutes, sans exception, dépendantes de ses services natu-

rels. De telles situations de rupture ou au minimum très contrastées par rapport aux évolutions du passé sont difficiles à anticiper : elles ne focalisent donc que rarement l'attention en matière socio-économique, comme le déplore Taleb. C'est le cas dès lors qu'il s'agit d'étudier la rentabilité ou l'efficacité de projets ou de mesures, dont les effets sont supposés s'étendre sur des périodes allant de plusieurs années à plusieurs décennies. Les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre en font partie.

Sans aller aussi loin dans la prospective que de vouloir anticiper l'imprévisible, on peut déplorer le fait qu'en matière d'analyse économique les évaluations se font encore trop souvent par rapport à un scénario de référence unique (2), qui n'est que rarement explicité dans ces exercices de prospective. Si une certaine forme de déterminisme a pu prévaloir jusqu'à récemment, il devient indispensable de repenser les méthodes d'évaluation économique et d'intégrer un facteur d'incertitude au cœur même du scénario de référence. Des tests de sensibilité s'appuyant sur de petites variations autour des conditions centrales d'un tel scénario étaient parfois ces analyses, mais envisager un éventail de « possibles » plus large nécessite d'aller au-delà. C'est précisément dans cette optique que la méthode de « coût complet à la tonne équivalent CO₂ évitée » que nous présentons ici peut apporter un éclairage nouveau.

Une méthode transparente et opposable

Le principe qui guide la méthode du « coût complet à la tonne équivalent CO₂ évitée » est celui de permettre l'évaluation de l'efficacité d'une mesure de réduction dans un univers incertain en reliant de manière lisible la variation du résultat aux variations des facteurs clés gouvernant la performance de la mesure. La signification de ce ratio est simple : à quel coût supplémentaire la mise en œuvre de telle mesure permet-elle de réduire les émissions d'une tonne équCO₂ ? Autrement dit, comment utiliser au mieux 1 euro pour réduire les émissions de GES ? En regard de ce ratio, l'étude du potentiel de réduction des émissions de GES n'est pas laissée en reste, afin de conserver une hauteur de vue salutaire quant aux enjeux et d'éviter les jugements trop hâtifs que le recours à un indicateur unique pourrait encourager.

Si cette façon de mener des analyses coût-efficacité n'est pas nouvelle, l'originalité de la démarche entreprise pour le calcul du « coût complet à la tonne équivalent CO₂ évitée » réside dans la volonté de définir une approche explicite, applicable à n'importe quelle mesure, à partir de questions simples :

- ✓ Quelles émissions et quels coûts prend-on en compte ?
- ✓ Quels agents économiques prend-on en considération ?
- ✓ Par rapport à quelle situation précise évite-t-on (ou non) des émissions ?
- ✓ Sur quelle durée faire porter l'analyse ?
- ✓ Etc.

La transparence est donc inscrite tant dans la construction de la méthode que dans les hypothèses retenues lors de sa mise en œuvre.

Pour la tester, une dizaine de mesures de politique publique ont été évaluées (3), sous la forme d'outils dédiés couvrant divers secteurs d'activité et divers types d'instrument, afin de tester l'approche dans des situations variées. Cet échantillonnage augmente les chances de rendre la méthode applicable à une grande diversité de mesures. En outre, en présentant des résultats de calcul chiffrés portant sur des exemples très concrets, la méthode est plus à même de susciter l'intérêt et l'analyse critique qu'un livrable plus théorique. De plus, des exemples chiffrés sont plus faciles à communiquer que des règles méthodologiques de base.

La connaissance de l'existence d'une méthode transparente d'évaluation des politiques publiques peut, par ailleurs, être un élément facilitateur de l'acceptation d'un durcissement ou d'une modification des contraintes associées, une des raisons des hésitations actuelles en la matière étant l'inexistence d'une méthode permettant de se confronter à la contrainte.

Enfin, et ce n'est pas là le moindre de ses atouts, cette démarche exploratoire a permis, d'une part, de dresser une ébauche de comparaison entre ces mesures et, d'autre part, d'identifier les conditions du succès (ou de l'échec) pour chacune d'entre elles. C'est en cela qu'elle contribue à éclairer la prise de décision en univers incertain.

L'explicitation des hypothèses : un passage obligé

Une caractéristique forte de la méthode est ainsi sa transparence : elle exige l'explicitation intégrale de toutes les hypothèses, et cela met en évidence les déterminants conditionnant le résultat au premier ordre. Pour cela, les outils qui ont été développés intègrent des tests de sensibilité, qui ne se limitent pas au voisinage des conditions « centrales », mais explorent des fourchettes de valeurs assez larges.

Cette transparence inscrite dans la méthode permet de l'utiliser comme outil de pilotage de la politique publique. En premier lieu, pour une mesure donnée, en forçant l'utilisateur à se poser de manière systématique un certain nombre de questions, il est possible de préciser les conditions de mise en œuvre à réunir pour garantir que la tonne équCO₂ évitée ne coûtera pas plus d'un certain montant à l'Etat ou à la société (voire lui rapportera de l'argent), et cela aide considérablement à cadrer l'action. Cet élément est appelé à devenir essentiel dans le cas où les contraintes pesant sur les finances publiques continueraient de croître. Enfin, étant donné l'importance des incertitudes, donner une fourchette de valeurs apparaît plus pertinent qu'avancer une valeur unique.

Ce choix délibéré de contourner le fonctionnement de type « boîte noire » se justifie par la volonté de ne pas rendre le résultat arbitraire en raison d'un choix d'hypothèses contestable et orienté à des fins partisans. Les facteurs structurants, ceux qui « pilotent » le résultat final, se révèlent vite lors de l'utilisation des outils basés sur notre méthode : le degré de sensibilité de la mesure relatif à chacun d'entre eux peut en effet être évalué. Ces facteurs structurants peuvent, dès lors, faire l'objet d'analyses plus

	Paramètres structurants	Paramètres non structurants
Soutien au comptage électrique évolué	L'enjeu central semble être la répercussion des nouvelles offres formulées par les fournisseurs (tarification horo-saisonnière, effacement à distance ou volontaire, « <i>feedback</i> » indirect, prépaiement, etc.) sur les comportements de consommation électrique des usagers.	Joueraient <i>a priori</i> , à la marge, la vitesse de déploiement des compteurs, ainsi que le traitement de fin de vie des anciens compteurs déposés, tout comme le carbone « gris » contenu dans les nouveaux équipements de comptage, de stockage et de traitement des données.
Réglementation thermique (RT2012)	Sembleraient cruciales la vitesse à laquelle les nouveaux bâtiments vont atteindre la performance théorique visée et la manière dont vont évoluer à l'avenir les pratiques de chauffage en termes de confort (4).	
Soutien au développement du chauffage d'origine renouvelable	Devraient jouer un rôle clé l'ampleur de l'effet d'aubaine lié à la politique des subventions, la concrétisation d'un effet d'entraînement, les pratiques de chauffage en termes de confort ou encore l'évolution de la part du gaz en tant qu'énergie substituée.	
Soutien au développement du véhicule électrique	Les facteurs clés seraient pluriels, avec (par exemple) le taux de parcours des véhicules hybrides en mode thermique, les émissions de fabrication des batteries, les habitudes de recharge des usagers (ce qui va conditionner le contenu en CO ₂ de l'électricité consommée), le niveau de trafic induit et non substitué, l'effet rebond sur le kilométrage des véhicules électriques ou l'évolution de la répartition diesel / essence dans les ventes.	La durée de vie des batteries ou le risque de ralentissement des progrès en matière de motorisation thermique sembleraient des facteurs peu influents pour l'efficacité de la mesure.

Tableau 1.

approfondies, en confrontant entre eux les avis d'experts et cela, tout en veillant à ne plus raisonner avec les modes de pensée qui ont prévalu jusqu'à aujourd'hui !

Le tableau ci-dessus permet d'étayer notre propos à partir de quelques conclusions préliminaires issues de l'étude, qui doivent être encore validées.

En permettant de quantifier les effets liés à tel ou tel facteur, notre procédé permet de faire fructifier les débats en les ancrant dans un univers d'éléments tangibles, pour se concentrer sur l'essentiel et ne plus argumenter sans fin sur l'anecdotique.

Les périmètres des coûts et des émissions : différentes perspectives pour différents besoins

Comme dans tout exercice de comptabilité traditionnel, la comptabilité carbone fait apparaître la notion de « périmètres », qui permet de traduire des réalités physiques, économiques ou juridiques variées. Or, l'un des reproches que l'on peut faire aux études traitant des émissions de GES évitées est le fait qu'elles se limitent, en général, à un périmètre unique donné, qui n'est d'ailleurs pas toujours précisé. Cela incite à proposer une méthode qui offre d'entrée de jeu la possibilité de proposer plusieurs angles d'analyse en la matière.

Ainsi, le débat à l'échelon international sur la manière juste de compter les émissions de GES supposées relever de la responsabilité d'un pays et sur lesquelles doit se fonder la

politique climatique dudit pays (eu égard aux accords internationaux en vigueur) est un révélateur éloquent de ce besoin émergent. Faut-il se conformer aux règles de *reporting* actuelles auprès de l'UNFCCC, qui ne ciblent que les émissions constatées sur un territoire donné (5), ou faut-il, au contraire, élargir la comptabilité des émissions à la consommation finale des ménages et des entreprises, comme le suggèrent des travaux récents [2] [3] [4] ? Le choix n'est bien entendu pas anodin, les conclusions, pour un pays comme la France, étant assez différentes selon le parti retenu, et non sans incidence sur le débat...

Le choix que nous avons opéré dans l'élaboration de la méthode est de proposer une approche duale autorisant la comparaison des résultats relevés dans deux périmètres différents. En pratique, ce sont les périmètres de « l'Inventaire National » (au titre des engagements internationaux de la France) et les périmètres « complets » (comme ce qui est pratiqué dans la méthode Bilan Carbone de l'Ademe, sans considération de limites aux frontières) qui ont été testés. Sur certaines mesures ciblant des objets comportant une part importante d'éléments provenant de l'étranger (comme la voiture électrique) ou ayant trait à des activités de sociétés françaises réalisées pour partie à l'étranger (cas du transport routier de marchandises), les résultats se sont ainsi révélés assez, voire très différents. Cette comparaison donne alors une perspective plus large, ce qui permet de prendre des décisions en disposant d'une plus importante hauteur de vue quant aux enjeux.

Dans la pratique, ces considérations de périmètre reviennent à inclure ou exclure de l'analyse certaines catégories d'émissions, comme le suggère le tableau 2 ci-dessous.

Comme l'objet de la discussion est le « coût complet à la tonne equCO₂ évitée » d'éventuelles mesures visant à réduire les émissions de GEC, s'interroger de la même manière sur le périmètre des coûts est un passage obligé. Plusieurs angles de vue sont légitimes, en fonction de ce qui est recherché : on peut soit se focaliser uniquement sur les dépenses et recettes modifiées par la mise en œuvre de la mesure et affectant le budget de l'Etat, soit prendre également en considération d'autres sources de coûts afin d'être en mesure d'estimer le coût socio-économique global de la mesure étudiée.

Là encore, cette constatation a plaidé fortement en faveur d'une approche élargie non restreinte à un périmètre de coûts figé. Il est ainsi possible de comparer les effets d'une mesure sur deux périmètres de coût différents, chaque poste pouvant aussi faire l'objet d'une prise en compte totale ou partielle (exemple de la fiscalité : le coût budgétaire pour l'Etat de la pénétration du véhicule électrique dans le parc automobile peut ou non tenir compte des pertes de recettes de TIPP engendrées par une réduction de la consommation des carburants pétroliers). On retrouve ici la volonté déjà soulignée de proposer une méthode transparente, ce qui apporte la meilleure garantie de confiance dans la capacité à simuler des contextes contrastés.

De la courbe d'abattement au nuage de points « Monte-Carlo »

La vocation de ce type de méthode est de conduire *in fine* à une comparaison fiable de différentes mesures de réduction entre elles. Pour cela, le seul indicateur de « coût complet à la tonne equCO₂ évitée » ne saurait suffire. Afin d'établir une hiérarchie des actions, il est plus pertinent de s'appuyer sur la double comparaison des « coûts complets à la tonne equCO₂ évitée » et des potentiels de réduction qui y sont associés.

Une méthode graphique astucieuse, désormais fréquemment utilisée dans la littérature[5][6], est la courbe d'abattement. Elle présente plusieurs caractéristiques :

- ✓ les émissions évitées par chaque mesure sont représentées en abscisses, sous forme cumulée, ce qui procure le potentiel global de réduction de l'ensemble des mesures et permet de comparer visuellement les potentiels de chaque mesure ;
- ✓ en ordonnées, figure le « coût complet à la tonne equCO₂ évitée », de sorte que la somme des aires de tous les rectangles correspond au coût global de l'ensemble des mesures ;
- ✓ les mesures sont classées sur l'axe des abscisses, de la « plus efficace » à la « moins efficace », l'efficacité étant mesurée par le ratio « coût complet à la tonne equCO₂ évitée ».

La figure 1 donne un aperçu de ce type de représentation pour l'étude Carbone 4 / Ademe.

Cette façon de représenter les résultats ne permet cependant pas de visualiser les incertitudes ni sur les émissions évitées, ni sur les coûts. Or, le fait de se placer dans un univers par définition incertain conduit à des fourchettes de résultats potentiellement larges ... et donc à des conclusions différentes ! La courbe d'abattement s'apparente donc à une photographie des mesures, sous un certain nombre d'hypothèses (non nécessairement explicites). Cela peut s'avérer gênant dans le cadre d'une analyse en univers mouvant.

Si l'on veut conduire une telle analyse sans perdre de visibilité sur les incertitudes propres aux contextes variés que l'on souhaite couvrir, il devient difficile d'échapper à une démarche probabiliste. La méthode proposée consiste à faire appel à une analyse de type « Monte-Carlo », à partir de lois de distributions uniformes (7) sur les paramètres identifiés comme étant clés et avec un nombre d'échantillons suffisant (quelques centaines) pour quantifier les variations possibles.

Une représentation graphique servant de synthèse des résultats est proposée sur la figure 2 : elle permet de visualiser conjointement le potentiel des émissions évitées (en abscisses, en moyennes annuelles sur la durée d'analyse), le coût pour l'agent économique concerné (en ordonnées, en moyennes annuelles également) et les incertitudes associées. Grâce aux iso-« coût complet à la tonne equCO₂ évitée » (droites de couleur noire), il est en outre aisé de situer chaque mesure sur l'échelle de ce ratio (précisons que ce

	Sont inclus / exclus de l'analyse (selon le périmètre retenu)
Mesures « transport de marchandises »	Les émissions engendrées par le pavillon français à l'étranger ou par le pavillon étranger en France, ainsi que les émissions amont des carburants consommés.
Mesures impliquant l'usage d'électricité	Les émissions de la production électrique importée et, le cas échéant, les émissions de fabrication des appareils consommant cette électricité, lorsqu'elles se produisent à l'étranger
Mesures « transport de personnes » (dont véhicule électrique)	Les émissions de fabrication des véhicules, batteries et infrastructures de recharge lorsqu'elles se produisent à l'étranger, ainsi que les émissions amont des carburants consommés.
Mesures « production d'électricité renouvelable »	Les émissions de fabrication desdits moyens (éolien, hydraulique et photovoltaïque) et de leurs alternatives conventionnelles (nucléaire, fossile), y compris la partie amont des combustibles considérés, lorsqu'elles se produisent à l'étranger.

Tableau 2.

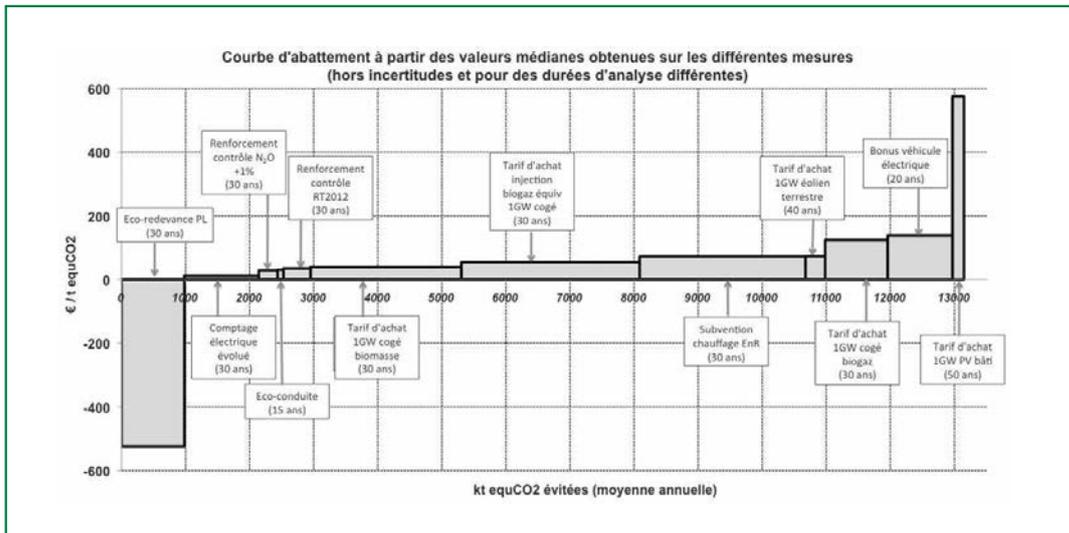


Figure 1 : Courbe d'abattement pour 12 mesures étudiées par Carbone 4 pour l'Ademe – approche budgétaire – caractère illustratif seulement (6).

graphe est montré à titre purement illustratif, la méthode étant encore en phase de test).

conditions de la réussite (qu'il faut donc favoriser) et celles de l'échec (qu'il faut éviter). On peut ici citer quelques conclusions préliminaires (à confirmer) explicitant de telles conditions (voir le tableau 3) :

Identification des conditions du succès et de l'échec

Limites et voies de progrès

La valeur ajoutée de la méthode du « coût complet à la tonne equCO₂ évitée » peut se comprendre à travers un autre atout : en effet, via son approche explicite et exploratoire, elle permet d'identifier, pour une mesure donnée, les

La méthode actuelle présente des limitations qui se traduisent en réalité par des chantiers complémentaires à mener :

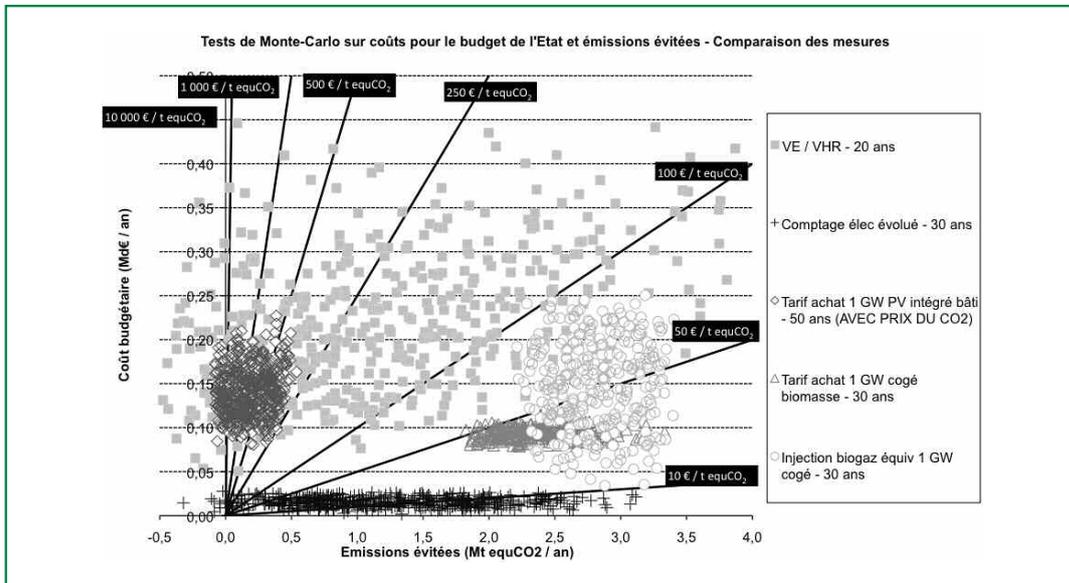


Figure 2 : Nuage de points par analyse de type Monte-Carlo pour 12 mesures étudiées par Carbone 4 pour l'Ademe – approche budgétaire – caractère illustratif seulement (8).



	Conditions de succès / d'échec
Soutien au comptage électrique évolué	L'Etat devrait sans doute veiller de très près à ce que les nouvelles offres proposées par les fournisseurs à leurs clients incitent ces derniers à réellement réduire leur consommation, voire leur profil d'appel de puissance. Il peut ainsi pour cela aider les ménages à s'équiper de dispositifs d'aide à l'exploitation de ces nouveaux compteurs. Il doit aussi s'assurer, par un moyen à définir, que l'effacement volontaire en période de pointe ne soit excessivement orienté vers l'utilisation de fioul domestique ou de gaz naturel.
Réglementation thermique (RT2012)	La réussite de la mesure devrait avant tout pousser l'Etat à s'assurer que les progrès dans la construction des logements neufs sont réels et constants, de même qu'il doit veiller à infléchir les comportements pour éviter tout effet rebond sur la consommation de chauffage. On pourrait imaginer des aides à la formation des professionnels du bâtiment conditionnées par la performance des réalisations, sur une durée longue (et certainement supérieure à la pratique courante), ce qui supposerait de fait un renforcement des contrôles régaliens sur le parc neuf.
Soutien au développement du chauffage d'origine renouvelable	La puissance publique devrait mettre en œuvre un protocole de suivi des pratiques des professionnels afin de prévenir l'effet d'aubaine, imaginer des instruments efficaces pour inciter les bénéficiaires des subventions à reconsidérer leurs pratiques de chauffage en termes de confort ou encore conditionner une partie de l'aide à la nature de l'énergie substituée (fioul ou gaz naturel, surtout à l'avenir).
Soutien au développement du véhicule électrique	L'Etat devrait se préoccuper de limiter l'induction de trafic supplémentaire généré par des véhicules électriques ne se substituant pas à des véhicules thermiques existants, mais s'y rajoutant, instaurer (en concertation avec l'UE) des normes de fabrication peu émissive des batteries ou encore orienter les usagers lors de la phase de recharge vers des comportements favorisant les faibles contenus en CO ₂ de l'électricité (mode de recharge lent aux heures creuses). Il sera en revanche bien démuni pour prévenir tout effet rebond sur les kilométrages parcourus ou plafonner la proportion des distances réalisées en mode thermique pour les véhicules hybrides.

Tableau 3 : Conditions de succès / d'échec.

- ✓ L'analyse « Monte-Carlo » s'est appuyée sur des facteurs dont les plages de variations ont été souvent choisies en concertation limitée avec des experts des domaines concernés. Il en résulte des « nuages de points » sans doute trop étendus et pas assez denses, des conclusions plus tranchées pourraient résulter de ce travail complémentaire ;
- ✓ Les conditions du succès et de l'échec sont mises en évidence, à ce stade, de manière qualitative, des règles de méthode supplémentaires seraient indispensables dans le cadre d'une analyse plus quantitative ;
- ✓ Un gain d'efficacité résulterait de la définition de tableurs plus génériques capables de traiter plusieurs mesures à travers une approche unique. S'il semble utopique d'aboutir à un tableur unique qui soit capable de traiter n'importe quelle mesure, en revanche, il est envisageable de faire mieux que le ratio actuel d'un tableur dédié par mesure.

Par ailleurs, dans ce type d'exercice d'explicitation poussée des hypothèses, le degré de qualité requis pour l'information, les données d'entrée et la description des mécanismes en jeu constitue en soi une forme de limitation intrinsèque très compliquée à éliminer. Par exemple, la compréhension des facteurs influents peut se montrer incomplète et leur quantification imprécise. Seul un surcroît de temps passé à mieux apprécier les forces en jeu, notamment en échangeant avec des spécialistes, pourrait apporter un remède (partiellement) efficace.

Conclusion

La méthodologie développée pour l'Ademe par Carbone 4 permet de caractériser l'efficacité de politiques de réduction des émissions de GES à l'aune du double critère « coût com-

plet à la tonne equCO₂ évitée » et « potentiel d'émissions évitées » avec une véritable originalité, qui réside dans sa capacité à confronter les mesures à des contextes très variés, apportant ainsi des éléments d'analyse utiles dans le cadre d'une réflexion en univers incertain, ce qui va s'avérer de plus en plus incontournable. En révélant quels sont les facteurs clés, mesure par mesure, elle permet d'identifier les conditions du succès ou de l'échec et elle peut constituer, de ce fait, un outil précieux d'aide à la décision.

Testée sur une dizaine de mesures très variées, la méthode se montre prometteuse. Elle nécessite encore une phase de renforcement et d'appropriation par ses utilisateurs « naturels » (les experts des domaines concernés par les mesures testées), qui pourront suggérer des adaptations méthodologiques spécifiques ou des évolutions des outils. Mais, de par sa nature, cette méthode répond manifestement aux besoins variés et complémentaires des agences et des administrations publiques telles que l'Ademe, le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire, le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement ou encore la Cour des comptes.

Remerciements: L'auteur tient à remercier Marie-Véronique-Gauduchon et Julien Adam, collaborateurs à Carbone 4, pour avoir largement contribué à l'amélioration et la mise en œuvre de la méthode, les associés fondateurs de Carbone 4, Alain Grandjean et Jean-Marc Jancovici, pour leur soutien et leur clairvoyance, Franck Jésus et Aude Bodiguel de l'Ademe, pour leurs précieux conseils, ainsi que Richard Lavergne du CGDD pour l'indéfectible intérêt qu'il a manifesté tout au long des travaux.

Notes

* Consultant senior chez Carbone 4, www.carbone4.com

(1) On trouve dans ce texte l'extrait suivant : « (...) Les dispositifs incitatifs économiques et les financements publics qui auront pour objet la réduction des émissions de gaz à effet de serre devront être justifiés notamment par référence au coût de la tonne de dioxyde de carbone évitée ou définitivement stockée. (...) »

(2) Il s'agit souvent du scénario « Business As Usual », prolongation tendancielle d'un passé où nous étions encore loin des limites de notre système.

(3) Panorama des mesures testées : bonus véhicule électrique, éco-redevance poids-lourds, contrôles RT2012, soutien à l'éco-conduite, contrôle de la directive nitrates, tarifs d'achat de l'électricité et de la chaleur renouvelable, subvention au chauffage de type renouvelable, efficacité du comptage électrique évolué.

(4) On remarquera, par ailleurs, de manière un peu ironique, que le développement parallèle du chauffage au bois ou des pompes à chaleur performantes rendraient cette mesure de moins en moins efficace, car le potentiel des émissions à éviter serait bien moindre.

(5) Elles incluent de fait les émissions liées à la production des biens et services d'exportation, tout comme elles excluent les émissions « grises » contenues dans les biens et services d'importation.

(6) Cette courbe d'abattement a été construite sur des jeux d'hypothèses particuliers, pour chacune des mesures, et elle n'est pas du tout faite pour être utilisée sans expertise complémentaire, notamment pour classer les mesures entre elles. Son intérêt avant tout pédagogique est ici de permettre d'illustrer ce type de représentation.

(7) Le choix d'une densité de probabilité uniforme a été privilégié à ce stade des applications pour ne pas avoir à se prononcer et justifier le choix, éventuellement plus réaliste mais plus complexe à mettre en œuvre, de densités en lois normale, en *bêta*, etc. Il en résulte des « nuages » de résultats un peu plus étendus et un peu moins denses, mais néanmoins porteurs des mêmes conclusions majeures. Une possibilité naturelle de prolongement de l'étude serait de rechercher pour les paramètres-clés les limites minimale et maximale, ainsi que la densité de probabilité associée, auprès des experts attitrés.

(8) Ce graphique est donné pour exemple, à titre pédagogique. Il vise surtout à illustrer la puissance de cette représentation graphique.

Bibliographie

[1] *Le Cygne noir, la puissance de l'imprévisible*, (Nassim Nicholas TALEB, édition Les Belles Lettres.

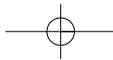
[2] *ECO₂ Climat, indicateur carbone de la consommation finale des ménages en France*, Carbone 4 et Mines Paris Tech pour TF1.

[3] *CO₂ et activités économiques de la France, tendances 1990-2007 et facteurs d'évolution*, CGDD, août 2010.

[4] *Les émissions de CO₂ du circuit économique en France*, INSEE et SOeS, 2010.

[5] *Pathways to a low carbon economy*, McKinsey & Company, 2009.

[6] *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, Conseil d'Analyse Économique, 2010, pp. 94-96.



Les énergies renouvelables à l'horizon 2020 et au-delà

Depuis le Grenelle de l'Environnement, les énergies renouvelables sont connues de tous ou presque en France. Pourtant, leur impact sur la société et l'avenir qu'elles dessinent ne sont pas forcément compris à leur juste mesure. C'est en effet une véritable métamorphose qui se met en marche : la France saura-t-elle la guider et en profiter ?

par Alain LIÉBARD*

L'idée d'utiliser les énergies renouvelables n'est pas née hier, ni même il y a dix ans. La preuve ? Il y a de cela deux cents ans, vingt mille moulins à vent tournaient en France. Mais balayée qu'elle fut par la découverte de ressources fossiles plus rentables, l'idée de recourir à des énergies propres et potentiellement illimitées aura mis du temps pour trouver sa concrétisation. Finalement, au cours de ces quarante dernières années, des facteurs tant économiques qu'environnementaux ont fait naître l'idée que les énergies renouvelables pouvaient apporter une solution partielle aux problèmes posés par notre façon de produire et de consommer l'énergie.

C'est ainsi qu'en 1973 et en 1979, les chocs pétroliers ont révélé la fragilité d'un système énergétique reposant presque uniquement sur une ressource limitée, le pétrole. L'augmentation de son prix permet aux énergies renouvelables d'apparaître comme potentiellement rentables.

C'est ainsi que cette époque a vu, par exemple, le lancement du projet Thémis, une centrale solaire thermodynamique destinée à produire de l'électricité en concentrant, à l'aide de miroirs, les rayons du soleil sur un récepteur placé en haut d'une tour afin de chauffer un liquide, produire de la vapeur et, ainsi, faire tourner une turbine. Cette centrale à l'avant-garde des recherches de l'époque (elle intègre même un stockage de l'énergie) est mise en service en 1983... puis abandonnée par EDF, l'opérateur de cette unité, trois ans plus tard, la baisse des coûts du pétrole et l'investissement massif de la France dans le nucléaire ayant relégué le projet dans la catégorie du « non rentable ».

La même année pourtant (en 1986) la catastrophe nucléaire de Tchernobyl, en Ukraine, révèle la dangerosité du nucléaire et suscite des inquiétudes dans le grand public. Encore aujourd'hui, le traitement des déchets nucléaires reste une question en suspens et soulève des oppositions au développement de la filière.

S'ajoute à ces grands événements la prise de conscience du réchauffement climatique liée à l'activité humaine et aux émissions de dioxyde de carbone.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est créé en 1988. Le premier rapport qu'il

rend, en 1990, débouchera sur la convention de Rio sur le climat, en 1992, et l'adoption de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, qui vise à « stabiliser les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation humaine dangereuse du système climatique ».

Face à tous ces problèmes et aux solutions qui sont envisagées, les énergies renouvelables gagnent en intérêt dans l'esprit de la population, notamment des politiques. Les acteurs du secteur, qui tentent alors de lui faire quitter le domaine expérimental, voient pourtant leurs propositions toujours rejetées de la même manière, « oui, c'est intéressant, mais, non ça ne mérite pas tant d'efforts », ce qui prouve que l'intérêt des énergies renouvelables est perçu, mais que leur importance, elle, ne l'est pas encore.

Une méthode unique au monde

La donne commence à changer à partir de 1997, avec le protocole de Kyoto, qui entraîne, notamment, l'élaboration d'un cadre politique européen pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Celui-ci va se concrétiser en 2001 avec la mise en place de la Directive européenne relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité. Cette directive, qui fait déjà suite au Livre blanc de 1997 sur les sources d'énergie renouvelables, fixe à l'Union européenne des Quinze (aujourd'hui des Vingt-Sept) l'objectif global de 21 % d'électricité produite à partir de sources renouvelables en 2010. Chaque État membre, qui se voit fixer des objectifs propres pour contribuer à ce but commun, est tenu de publier tous les cinq ans « un rapport fixant les objectifs indicatifs nationaux de consommation future d'électricité SER (produite à partir de sources d'énergie renouvelables) pour les dix années suivantes, ainsi que les mesures prises ou envisagées pour atteindre ces objectifs ».

L'application de cette directive va prendre une nouvelle dimension, en France, en 2007, avec la tenue du Grenelle de l'Environnement.



C'est un « terrain de jeu » tout nouveau qui s'ouvre ainsi aux acteurs des énergies renouvelables. Il n'est plus question de stade expérimental, de nombreuses filières renouvelables ayant déjà fait leurs preuves dans d'autres pays depuis plusieurs années, mais bien de la création d'industries et d'un développement économique réel pour atteindre des objectifs chiffrés.

La véritable question posée par le Grenelle de l'Environnement est la suivante : « Nous nous fixons comme objectif les 3 x 20, c'est-à-dire la réduction de 20 % de la consommation d'énergie primaire et des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que l'inclusion de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie ; comment faire pour y arriver ? »

Pour y répondre, le Grenelle a créé une méthode, celle de la gouvernance à cinq. Son principe ? Associer l'État, les collectivités territoriales, les entreprises, les salariés et les ONG environnementalistes au processus de réflexion afin de prendre des décisions applicables et satisfaisantes pour l'ensemble de la société. En intégrant pour la première fois de façon aussi importante les associations et les fondations œuvrant en faveur de la protection de l'environnement, le Grenelle a créé ce qui a été qualifié de « démocratie écologique », un système que de nombreux pays nous envient aujourd'hui.

En effet, la conférence de Copenhague (en décembre 2009) a mis en lumière un problème commun aux cent trente-cinq chefs d'État réunis : comment organiser la transition énergétique vers le renouvelable en prenant en compte l'opinion publique ? Celle-ci est de manière générale peu encline à changer ses habitudes ; elle est même plutôt prête à se mobiliser pour éviter le désordre. Il est donc impératif que les gouvernements puissent convaincre le grand public de la nécessité de déconstruire pour reconstruire, de bousculer un mode de vie établi pour en apprendre un autre. En

France, la méthode du Grenelle a permis cela. Elle a permis de faire accepter à la population française un certain désordre nécessaire à la création d'un nouvel ordre, elle a permis l'instauration de mesures acceptées par l'opinion publique.

La clé : le plan d'action national

Ces mesures mises en place depuis 2008 ont d'ailleurs été reprises dans le plan d'action national en faveur des énergies renouvelables, que le Gouvernement français a remis à la Commission européenne en août 2010.

Ce plan, exigé de tous les États membres par la directive européenne de 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, expose les actions à mener pour atteindre l'objectif fixé par la susdite directive à la France d'ici à 2020, à savoir une part de 23 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute.

Dans ce plan d'action, la France annonce vouloir atteindre cet objectif sans recourir aux mécanismes de coopération permettant de réaliser une partie des efforts de production d'énergies renouvelables *via* un autre pays et qu'elle compte donc sur ses propres capacités de production, ainsi que sur la maîtrise de l'énergie pour augmenter sa part d'énergies renouvelables. Le premier effort conséquent à réaliser porte ainsi sur l'amélioration des performances thermiques des bâtiments résidentiels et tertiaires afin de diminuer de 38 % les consommations des logements d'ici à 2020.

Concernant les énergies renouvelables, il est prévu une production supplémentaire de 20 Mtep par rapport à 2006. Pour atteindre ces deux objectifs, une série de politiques financières et réglementaires ont été (ou vont être) mises en place (voir les tableaux des pp. 16 à 20 du plan d'action).

TABLEAUX

Nom et référence de la mesure	Type de mesure	Résultats attendus	Groupe et/ou activité ciblés	Existante ou en projet	Dates de début et de fin de la mesure
1. Modification des démarches administratives	Réglementaire	Simplification pour les petits projets de production d'électricité ou de chaleur renouvelable ; meilleure prise en compte environnementale pour les grands projets (photovoltaïque, éolien biomasse)	Particuliers, Investisseurs	Existante, modification en cours	Progressif depuis 2001 Création du régime ICPE simplifiée en 2010
2. Crédit d'Impôt sur le revenu Développement Durable	Financière	Augmentation du nombre et de la qualité des travaux de la performance énergétique 3 millions de logements équipés en chauffage au bois, 2 millions en pompes à chaleur, 4 millions en solaire thermique en 2020	Particuliers	Existante	2005-2012
3. TVA à taux réduit (travaux dans les logements de plus de deux ans) : pour les équipements de production d'énergie renouvelable dans le secteur résidentiel existant.	Financière		Particuliers	Existante	1999
4. éco-prêt à taux zéro pour les travaux d'amélioration de la performance énergétique globale des logements	Financière		Particuliers	Existante	1er avril 2009 - 31 décembre 2013 pour l'éco-prêt à taux zéro
5. Aides ANAH	Financière	Augmentation du nombre et de la qualité des rénovations thermiques chez les ménages modestes	Particuliers	Existante, en cours de renforcement	2007-/-
6. Plan de rénovation logements sociaux et bâtiment public	Financière	Rénovation thermique de l'ensemble de ces logements d'ici 2020	Gestionnaires HLM, État et collectivités	En cours	2009- 2020

Nom et référence de la mesure	Type de mesure	Résultats attendus	Groupe et/ou activité ciblées	Existante ou en projet	Dates de début et de fin de la mesure
7. Certificats d'Économies d'Énergie	Réglementaire	Augmentation du nombre d'actions permettant d'économiser de l'énergie ou de produire de la chaleur renouvelable, dans le bâtiment et dans l'industrie	Fournisseurs d'énergie	Existante	2005 -/
8. Réglementation Thermique 2012	Réglementaire	Renforcement des normes thermiques dans la construction neuve	Particuliers, tout acteur du bâtiment et de la construction	En cours de définition	2011-2012 ou 2013 suivant le type de bâtiments
9. Diagnostic de Performance Énergétique	Réglementaire	Meilleure information pour l'acheteur, l'occupant et les visiteurs	Particuliers, sociétés immobilières	Existant	2007-/
10. Bonus de COS	Réglementaire	Incitation à la performance énergétique	Particuliers	Existant	2005-/
11. Programmes de qualification/certification	Réglementaire - non contraignant	Amélioration de la qualité des rénovations thermiques et des installations de production d'énergie renouvelable dans les bâtiments	Professionnels du bâtiment	Existante - à venir	Renforcement prévu en 2010 -2011
12. Espaces Info Énergie	Information	Augmentation du nombre et de la qualité des travaux de rénovation thermique 3 millions de logements équipés en chauffage au bois, 2 millions en pompes à chaleur, 4 millions en solaire thermique en 2020	Particuliers	Existante	2000-/
13. Campagnes Ademe	Information	Sensibilisation au réchauffement climatique et à la rénovation thermique	Particuliers	Existante	2009-2010
14. Amortissements accéléré et exceptionnel	Financière	Augmentation du nombre de projets et de la capacité installée	Entreprises - toutes technologies ENR	Existante	Début : 1992, 2002, 2005, 2008 selon les technologies fin : -
15. Schémas Régionaux Climat Air Énergie	Planification	Identification et valorisation des potentiels d'énergies renouvelables	Collectivités territoriales	A venir	2010-2011
16. Fonds Chaleur	Financière	Financer 5 400 ktep de production de chaleur d'origine renouvelable d'ici 2020	Secteurs collectif, tertiaire, industriel	Existante	1ère période de 2009 à 2011

Nom et référence de la mesure	Type de mesure	Résultats attendus	Groupe et/ou activité ciblées	Existante ou en projet	Dates de début et de fin de la mesure
17. TVA à taux réduite pour les réseaux de chaleur urbains utilisant plus de 50% d'ENR	Financière	3,2 Mtep de chaleur renouvelable par réseaux de chaleur en 2020	Aménageurs, investisseurs - réseaux de chaleur	Existante	2009-/
18. Classement des réseaux de chaleur urbains	Réglementaire	3,2 Mtep de chaleur renouvelable par réseaux de chaleur en 2020 + développement des réseaux de froid	Aménageurs, utilisateurs finaux - réseaux de chaleur	Existante modification en projet	1997-/
19. Extension de la durée de concession (délégations de service public)	Financière	3,2 Mtep de chaleur renouvelable par réseaux de chaleur en 2020	Aménageurs, investisseurs - réseaux de chaleur	En projet	2010-/
20. Plan de Performance Énergétique des exploitations agricoles	Financière	Atteindre un taux de 30 % d'exploitations agricoles à faible dépendance énergétique d'ici 2013 développement des ENRs	Exploitations agricoles	Existante	2009-2013
21. Aides à la construction ou à l'aménagement de serres maraîchères et de serres dans le secteur de l'horticulture ornementale et de la pépinière	Financière	Développement des ENRs pour les serres maraîchères et pour les serres du secteur de l'horticulture ornementale et de la pépinière	Exploitations agricoles	Existante	
22. Plan de soutien à la politique des déchets	Financière	Soutenir le développement de la méthanisation dans le traitement des déchets (entre autres)	Exploitations agricoles	Existante	2008-/
23. Tarifs d'achat de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables	Financière	Augmentation du nombre de projets de production d'électricité renouvelable	Particuliers, investisseurs	Existante	2000-/ modifié de 2006 à 2010 suivant les technologies
24. Certificats négociables	financière	Augmentation du nombre de projets de production d'électricité renouvelable	Investisseurs	Existante	Révision du dispositif prévue en 2010

Parmi les grandes décisions prises afin d'améliorer la maîtrise de l'énergie et la performance énergétique des bâtiments, nous pouvons citer en plus du renforcement des normes thermiques dans la construction neuve *via* l'application de la réglementation thermique 2012, l'éco-prêt à taux zéro pour les travaux d'amélioration de la performance éner-

gétique globale des logements, instauré en 2009, ainsi que le plan de rénovation des logements sociaux et des bâtiments publics, en cours d'élaboration, qui vise à la rénovation thermique de l'ensemble de ces logements d'ici à 2020. Concernant le développement des énergies renouvelables, les mesures phares pour supporter le secteur sont l'établisse-

Nom et référence de la mesure	Type de mesure	Résultats attendus	Groupe et/ou activité ciblés	Existante ou en projet	Dates de début et de fin de la mesure
25. Appels à projets pour la production d'électricité renouvelable	Financière	Augmentation de la capacité installée de production d'électricité renouvelable (éolien, éolien en mer, biomasse, photovoltaïque, énergies marines)	Investisseurs	Existante pour la biomasse et le photovoltaïque A venir pour l'éolien en mer Envisagée pour les énergies marines Périodicité annuelle pour la biomasse et le biogaz	2005 - 2020
26. Fonds démonstrateur ADEME	Financière	Stimulation R&D	Investisseurs, chercheurs	Existante	2009-2013
27. ANR	Subventions	Stimulation R&D	Chercheurs	Existante	2009- /
28. Pôles de compétitivité	Subventions	Stimulation R&D	Partenariat Public-Privé	Existante	2005- /
29. Taxe générale sur les activités polluantes (TGAP)	Fiscale	Atteinte des objectifs d'incorporation de biocarburants	Distributeurs de carburant	Existante	2005- /
30. Exonération partielle de la Taxe intérieure de consommation (TIC)	Fiscale	Réduction du surcoût de fabrication des biocarburants	Producteurs de carburant	Existante	2002- /
31. Rénovation canaux fluviaux et installations portuaires	Infrastructures	Substitution du transport de marchandises routier par du transport non routier	Entreprises de transport/distribution	En cours de développement	2010- /
32. Construction de 2000 km de voies ferrés	Infrastructures	Substitution du transport routier par du transport ferroviaire	Entreprises de transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises	En cours de développement	2010- /

Nom et référence de la mesure	Type de mesure	Résultats attendus	Groupe et/ou activité ciblés	Existante ou en projet	Dates de début et de fin de la mesure
33. Construction rocade de métro automatique en Ile de France	Infrastructures	Augmentation des transports en commun	Particuliers	En cours de développement	2010- /
34. Construction de 1500 km de transport commun en site propre hors Ile de France	Infrastructures	Augmentation des transports en commun	Particuliers	En cours de développement	2010- /
36. Prime à la casse	Fiscale	Renouvellement accéléré du parc de véhicules	Particuliers	Existante	2008-2010
37. Bonus écologique	Fiscale	Achat de véhicules moins consommateurs	Particuliers	Existante	2010- /

ment des tarifs d'achat pour la production d'électricité à partir de sources renouvelables et la mise en place de crédits d'impôt et d'un taux de TVA réduit sur les équipements d'énergies renouvelables (voir le tableau : Les tarifs d'achat applicables au 1^{er} septembre 2010).

Un fonds démonstrateur géré par l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a été instauré en 2009 afin de soutenir l'effort de R&D dans le domaine. La production de chaleur étant également l'un des grands « chantiers » à mener, un fonds chaleur, destiné à financer 5 400 ktep de production de chaleur d'origine renouvelable d'ici à 2020, a été créé en 2009. Une TVA à taux réduit pour les réseaux de chaleur urbains utilisant plus de 50 % de renouvelables a été mise en place la même année. Enfin, dans le secteur des transports, il est prévu la création de 2 000 km de voies ferrées supplémentaires et la construction de 1 500 km de transports en commun en site propre hors Île-de-France. Un bonus écologique à l'achat de véhicules moins consommateurs d'énergie existe depuis cette année.

Des objectifs chiffrés

Toutes ces mesures n'ont pas été décidées de façon arbitraire ; elles sont nées suite au Grenelle de l'Environ-

nement et plus particulièrement après les travaux du Comité opérationnel 10 (Comop 10). Ce groupe de travail, qui a réuni les représentants de nombreuses organisations du monde industriel et associatif sous la présidence du député Jean-Claude Lenoir et du président d'Observ'ER, Alain Liébard, a en effet établi de janvier à avril 2008 un plan de développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale. Celui-ci a fixé les objectifs à atteindre filière par filière afin de contribuer au but global de 20 % d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie en 2020. Cela supposait d'augmenter de 20 millions de tep (tonnes équivalent pétrole) la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique à l'horizon 2020, avec des objectifs intermédiaires pour 2012. Le rapport du Comop proposait également des mesures visant à rendre possible la réalisation de ces objectifs, mesures qui ont été reprises dans le plan d'action national.

Cependant, l'objectif global finalement établi pour la France par l'Union européenne étant de 23 % d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie et non de 20 %, la décomposition de référence entre les filières proposées par le Comop a été légèrement modifiée lors de l'élaboration du plan d'action national en faveur des éner-

Filières des contrats	Arrêté du	Durée	Tarifs
Installations utilisant l'énergie dégagée par la combustion de biomasse	28 décembre 2009	20 ans	4,5 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique entre 8 et 13 c€/kWh pour les installations de puissance supérieure ou égale à 5 MW et qui respectent certains critères relatifs à la ressource utilisée.
Biogaz et méthanisation	10 juillet 2006	15 ans	Entre 7,5 et 9 c€/kWh selon la puissance en métropole et entre 8,6 et 10,3 c€/kWh dans les DOM, à Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh + prime à la méthanisation de 2c€/kWh.
Énergie éolienne terrestre	17 novembre 2008	15 ans	Éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites. Dans les DOM, à Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte, le tarif d'achat est de 11 c€/kWh.
Énergie éolienne off-shore	17 novembre 2008	20 ans	Éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites.
Énergie photovoltaïque	31 août 2010	20 ans	Prime d'intégration : 58c€/kWh, 50c€/kWh ou 44 50c€/kWh selon l'usage du bâtiment et la taille de l'installation Prime d'intégration simplifiée : 37 c€/kWh Autres, en métropole continentale : 27,6 c€/kWh pour les installations de puissance inférieures ou égales à 250 kWc. De 27,6 à 33,12 c€/kWh en fonction de l'ensoleillement pour les installations de plus de 250 kWc. Autres, en Corse, DOM, à Saint-Pierre-et-Miquelon et Mayotte : 35,2 c€/kWh
Géothermie	23 juillet 2010	15 ans	Métropole : 20 c€/kWh, + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 8 c€/kWh. DOM et Saint-Pierre-et-Miquelon : 13 c€/kWh, + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh
Hydraulique	1 ^{er} mars 2007	20 ans	6,07 c€/kWh + prime comprise entre 0,5 et 2,5 c€/kWh pour les petites installations + prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production

Tableau : Les tarifs d'achat applicables au 1^{er} septembre 2010.

gies renouvelables et ce, afin de satisfaire aux exigences de l'Europe d'ici à 2020.

Dans le détail, le plan d'action national estime que dans le secteur du chauffage et du refroidissement, la France doit passer de 9 397 ktep d'énergie renouvelable consommée en 2005 à 19 732 ktep en 2020 (voir le tableau 11).

La filière de la biomasse solide devrait supporter une grande partie de cet effort, avec une consommation finale passant de 9 067 ktep en 2005 à 15 900 ktep en 2020. Viennent ensuite les pompes à chaleur, qui représentaient 76 ktep en 2005 et qui devraient en représenter 1 850 ktep en 2020, puis le solaire thermique individuel et collectif (de 38 ktep en 2005 à 927 ktep en 2020), le biogaz (de 86 ktep en 2005 à 555 ktep en 2020) et la géothermie profonde (de 130 ktep en 2005 à 500 ktep 2020).

Pour ce qui concerne la production d'électricité, les objectifs 2020 du plan d'action national entraînent le besoin de 79 445 GWh supplémentaires produits, pour passer de 75 839 GWh en 2005 à 155 284 GWh en 2020 (voir le tableau 10a).

Si la marge de l'hydraulique est quasi inexistante (le secteur devrait même moins produire, passant de 70 240 GWh en 2005 à 71 703 GWh en 2020), l'éolien en revanche est destiné à remplir une grande partie de l'objectif : sa production devrait passer de 1 128 GWh en 2005 à 57 900 GWh en 2020, ce qui implique de multiplier par quatre le nombre d'éoliennes pour atteindre une capacité installée de 25 000 MW, dont 6 000 MW en mer.

Les autres filières d'électricité renouvelable sont également amenées à jouer un rôle dans l'atteinte de l'objectif global : la biomasse devrait fournir 17 171 GWh en 2020 contre 3 819 GWh en 2005, le photovoltaïque devrait passer d'une production de 22 GWh en 2005 à 5 913 GWh en 2020, tandis que la géothermie pourrait produire 475 GWh d'électricité en 2020 contre 95 GWh en 2005. Le solaire thermodynamique, dont la production était nulle en 2006 pourrait fournir 972 GWh en 2020.

Enfin, dans les transports, le bioéthanol, le biodiesel, l'électricité renouvelable ou encore les huiles végétales, le biogaz, etc., devraient représenter 4 062 ktep de la consommation finale d'énergie en 2020 contre 544 ktep en 2005 (voir le tableau 12).

2012, première échéance

Le Comop 10 avait par ailleurs souligné que « la réalisation de l'objectif de 20 Mtep sera donc très difficile, chacune des filières concernées doit être sollicitée très au-delà de ce qui aurait constitué une politique simplement ambitieuse ». Les problèmes, par exemple, d'acceptabilité de la filière éolienne ou de mobilisation de la ressource pour la filière biomasse pouvant représenter des facteurs ralentissant le développement et mettant en cause l'atteinte de l'objectif 2020, le Comop 10 a également établi des objectifs intermédiaires à l'horizon 2012, afin de permettre éventuellement de « réévaluer la

Tableau 11 : Estimation de la contribution totale (consommation finale d'énergie) prévue de chaque technologie fondée sur des sources d'énergie renouvelables en France afin d'atteindre les objectifs contraignants de 2020 et la trajectoire indicative pour les parts de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans le secteur du chauffage et du refroidissement de 2010 à 2020 (ktep).

	2005	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Géothermique	130	114	155	175	195	235	270	310	500
Solaire	38	70	130	155	185	280	370	465	927
Biomasse	9153	9365	9953	10250	10542	11280	12020	12760	16455
solide	9067	9284	9870	10165	10456	11135	11815	12500	15900
biogaz	86	81	83	85	86	145	205	260	555
bioliquides	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energie renouvelable des PAC	76	472	886	1090	1300	1370	1440	1505	1850
dont aérothermique	27	368	664	810	960	1000	1040	1080	1280
dont géothermique et hydrothermique	49	104	222	280	340	370	400	425	570
Total	9397	10024	11121	11670	12222	13165	14100	15040	19732

Source : Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables.

Tableau 10.a : Estimation de la contribution totale de la production brute d'électricité prévue de chaque technologie fondée sur des sources d'énergie renouvelables en France afin d'atteindre les objectifs contraignants de 2020 et la trajectoire indicative pour les parts de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans le secteur de l'électricité de 2010 à 2014.

	2005	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Hydroélectricité:	70240	68324	69024	69291	69559	69827	70095	70363	71703
<1 MW	1796	1677	1694	1700	1707	1713	1720	1727	1759
1MW-10MW	6111	5708	5766	5789	5811	5834	5856	5878	5990
>10 MW	62332	60940	61563	61802	62041	62280	62519	62758	63953
dont par pompage	4705	4599	5130	5344	5558	5771	5985	6199	7268
photovoltaïque	0	0	0	0	36	122	243	365	972
énergie solaire concentrée	0	0	0	0	572	644	717	789	1150
Energie hydrocinétique, houlomotrice et marine	535	513	500	500	572	644	717	789	1150
Energie éolienne:	1128	5707	11638	14344	17956	21875	26101	30634	57900
installations terrestres	1128	5707	11638	14344	15956	17875	20101	22634	39000
installations en mer	0	0	0	0	2000	4000	6000	8000	18000
Biomasse:	3819	4391	5441	5966	6491	7826	9161	10496	17171
solide	3341	3708	4506	4905	5304	6324	7345	8366	13470
biogaz	478	683	935	1061	1187	1501,25	1816	2129	3701
bioliquide	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	75839	79094	87369	91223	96146	102250	108731	115577	155284
dont en cogénération	3372	3935	5441	5966	6491	7826	9161	10496	17171

Source : Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables.

décomposition de référence et le programme mis en œuvre en fonction des informations acquises sur les plans quantitatif, qualitatif, économique et environnemental ».

Ces objectifs apparaissent dans le plan d'action national, bien que légèrement revus, là encore afin d'être adaptés à l'objectif global de 23 %, et permettent de faire aujourd'hui un premier bilan quant aux progrès du pays dans les renouvelables.

En 2009, à mi-chemin entre la mise en place des premières mesures et l'échéance 2012, le premier constat qui s'impose est que la France n'a pas perdu de temps. La production des différentes filières renouvelables à la fin 2009 par rapport aux objectifs intermédiaires fixés dans le plan d'action national pour 2012 est la suivante, selon le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) : l'éolien fournit 7 986 GWh sur les 17 956 GWh visés, la biomasse produit 4 406 GWh sur les 6 491 GWh visés, le solaire photovoltaïque produit 215 GWh sur les 1 314 GWh visés et la géothermie produit 50 GWh sur les 218 GWh visés. Au total, la production électrique renouvelable française est passée de 75 839 GWh en 2005 à 77 418 GWh en 2009 (pour un objectif de 96 146 GWh en 2012) (voir le tableau A).

Dans le secteur du chauffage et du refroidissement renouvelables, la consommation finale de biomasse solide représente 9 730 ktep en 2009 pour un objectif 2012 de 10 456 ktep, celle des pompes à chaleur représente 705 ktep sur les 1 300 ktep visés en 2012, celle du solaire thermique représente 81 ktep sur un objectif de 185 ktep, celle du biogaz couvre 86 ktep et est donc déjà égale à l'objectif 2012 et enfin, celle de la géothermie représente 119 ktep, pour un objectif de 195 ktep en 2012.

La consommation finale de chaleur renouvelable est donc passée de 9 397 ktep en 2005 à 10 720 ktep en 2009, ce qui rend atteignable l'objectif de 12 222 ktep en 2012.

Dans les transports, la croissance se poursuit aussi puisque la consommation finale d'énergies renouvelables dans les différentes filières du secteur est passée de 544 ktep en 2005 à 2 678 ktep en 2009, pour un objectif 2012 de 3 112 ktep.

Le second constat que l'on peut retirer de ces chiffres est que les objectifs 2012 sont clairement atteignables, la croissance observée sur ces trois dernières années répondant aux attentes.

La question, pourtant, demeure, de savoir s'ils seront effectivement atteints. En effet, après le formidable élan donné par le Grenelle de l'Environnement, la France semble s'être engagée dans un processus de « *stop and go* » ou tout du moins elle éprouve des difficultés à trouver sa « vitesse de croisière » dans le soutien aux énergies renouvelables, ce qui risque de rompre le dynamisme du secteur et de casser l'accélération nécessaire à l'atteinte des objectifs fixés pour 2012 et 2020.

Nous en voulons pour preuve le fait que deux secteurs majeurs de la production d'électricité renouvelable ont été touchés par des modifications réglementaires. Le premier, l'éolien, s'est ainsi vu soumis au régime ICPE. Ces quatre initiales, qui signifient Installation classée pour la protection de l'environnement, s'appliquent normalement aux installa-

Tableau 12 : Estimation de la contribution totale prévue de chaque technologie fondée sur des sources d'énergie renouvelables en France afin d'atteindre les objectifs contraignants de 2020 et la trajectoire indicative pour les parts de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans le secteur des transports de 2010 à 2020 (ktep).

	2005	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Bioethanol/bio-ETBE*	75	510	550	550	550	550	550	550	650
Biodiesel*	328	1887	2165	2250	2350	2350	2350	2375	2850
Electricité provenant de sources renouvelables	141	167	183	192	212	221	240	260	402
dont transport routier	0	0	0	0	10	10	21	31	110
dont transport non routier	141	167	183	192	202	211	219	229	292
Autres (huiles végétales, biogaz, ...)	0	0	0	0	0	0	10	30	160
Total	544	2564	2898	2992	3112	3121	3150	3215	4062

Ces valeurs sont susceptibles d'être ajustées lors d'une prochaine révision ; elles dépendent en effet directement des ventes de carburants, de la répartition de ces ventes entre essence et gazole, des évolutions des outils logistiques et industriels, des orientations européennes en matière de spécification des carburants ainsi que des taux d'incorporation autorisés, d'ici à 2010. Certaines valeurs pourraient être difficiles à atteindre.

Tableau A
Production d'électricité renouvelables en France (métropole + DOM) par filière en données brutes.

	D'après Plan d'action ENR				D'après SOes				D'après Plan d'action énergie renouvelable					
	2005	2008	2006	2007	2008	2009 (p)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	
hydroélectricité renouvelable ¹	66070	64238	57807	59626	65302	58256	64394	64447	64573	64700	64827	64953	65585	
hydroélectricité renouvelable normalisé			66974	66194	66223	64761								
Geothermie	95	89	78	95	89	50	153	185	218	250	282	314	475	
Energie solaire:	22	70	27	39	71	215	613	947	1350	1828	2375	2981	6885	
photovoltaïque	22	70	27	39	71	215	613	947	1314	1706	2132	2617	5913	
énergie solaire concentrée	0	0	0	0	0	0	0	0	36	122	243	365	972	
Energie éolienne:	1128	5707	2229	4116	5754	7819	11638	14344	17956	21875	26101	30634	57900	
Eolien normalisé	3819	4391	3778	4153	4361	4406	5441	5966	6491	7826	9161	10496	17171	
Total électricité renouvelable	75839	79094	63919	68028	75577	70745	87369	91223	96146	102250	108731	115577	155284	
Total électricité renouvelable (directive) ²			73170	74277	76504	77418								

1 : en données brutes réelles hors pompage mais y compris usine marémotrices

2 : le total électricité renouvelable dans la directive ENR (2009/28/CE) prend en compte l'hydraulique et l'éolien normalisés.

Consommation finale d'énergies renouvelables (ENR) thermiques¹ par filière, France (métropole + DOM) en données réelles

en ktep	D'après Plan d'action ENR				D'après SOes				D'après Plan d'action énergie renouvelable					
	2005	2008	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	
Géothermique	130	114	114	109	116	119	155	175	195	235	270	310	500	
Solaire	38	70	48	58	70	81	130	155	185	280	370	465	927	
Biomasse ²	9153	9365	9019	8970	9625	9816	9953	10250	10542	11280	12020	12760	16455	
solide	9067	9284	8936	8881	9539	9730	9870	10165	10456	11135	11815	12500	15900	
biogaz	86	81	83	89	87	86	83	85	86	145	205	260	555	
bioliquides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Energie renouvelable des PAC	76	472	399	531	771	947	886	1090	1300	1370	1440	1505	1850	
Pompe à chaleur (directive) ³			214	327	545	705								
Total	9397	10024	9581	9667	10583	10962	11121	11670	12222	13165	14100	15040	19732	
Total ENR thermiques (directive)⁴			9395	9464	10357	10720								

1 : selon le mode de calcul de la directive ENR (2009/28/CE) : consommation de l'utilisateur final (soit sous forme de chaleur vendue par les réseaux de chaleur ou autoconsommée, soit sous forme de combustibles utilisés pour la production de chaleur et de froid).

2 : inclus déchets urbains renouvelables.

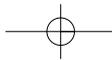
3 : seules les pompes à chaleur répondant à certains critères de performance sont prises en compte dans la directive ENR.

4 : le total ENR thermiques pour la production de chaleur et de froid dans la directive ENR prend en compte les pompes à chaleur conformes à la directive.

Consommation finale d'énergies renouvelables pour le transport par filière, France

	D'après Plan d'action ENR				d'après Observ'ER				D'après Plan d'action énergie renouvelable					
	2005	2008	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	
Bioethano/bio-ETBE*	75	510	-	-	415	456	550	550	550	550	550	550	650	
Biodiesel*	328	1887	-	-	1859	2056	2165	2250	2350	2350	2350	2375	2850	
Electricité provenant de sources renouvel	141	167	-	-	167	167	183	192	212	221	240	260	402	
dont transport routier	0	0	-	-	-	-	0	0	10	10	21	31	110	
dont transport non routier	141	167	-	-	167	167	183	192	202	211	219	229	292	
Autres (huiles végétales, biogaz, ...)	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	10	30	160	
Total	544	2564	-	-	2441	2678	2898	2992	3112	3121	3150	3215	4062	

Ces valeurs sont susceptibles d'être ajustées lors d'une prochaine révision ; elles dépendent en effet directement des ventes de carburants, de la répartition de ces ventes entre essence et gazole, des évolutions des outils logistiques et industriels, des orientations européennes en matière de spécification des carburants ainsi que des taux d'incorporation autorisés, d'ici à 2010. Certaines valeurs pourraient être difficiles à atteindre.



tions dont l'exploitation présente un risque pour l'environnement (un risque dont l'absence, dans le cas présent, est quasiment avérée). C'est donc une classification imposée dans le seul but de ternir l'image de la filière, de « salir une énergie propre ». Les retards administratifs et la complexité des procédures qui sont liées à cette nouvelle législation et aux incertitudes qui l'ont précédée risquent d'entraîner un net ralentissement du développement des projets et des mises en construction, pour un bénéfice probablement nul en matière d'environnement.

De la même manière, les tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque ont été revus à la baisse au mois de septembre. Si cette mesure peut sembler légitime dans le cadre d'une diminution des tarifs en lien avec la diminution des coûts d'installation (du fait de la maturité atteinte par la filière), le problème est qu'elle s'accompagne d'autres décisions qui portent atteinte, prises ensemble, au développement du secteur. Ainsi, les conditions d'accès au tarif d'achat applicables au photovoltaïque intégré sont aujourd'hui plus restrictives et le crédit d'impôt jusque-là accordé pour l'installation de systèmes photovoltaïques a été rabaisé de 50 % à 25 % pour les particuliers. Toutes ces mesures et incertitudes législatives pèsent lourdement sur les professionnels du secteur, qui ont tendance à mettre un frein à leurs développements, dans l'attente d'un contexte plus favorable.

Une nouvelle économie en marche

S'il faut incontestablement saluer le décollage des énergies renouvelables en France, celui-ci n'en reste donc pas moins fragile. Or, au-delà des bénéfices environnementaux, c'est aussi toute une nouvelle économie qui tente de se bâtir dans le domaine et qu'il faudrait continuer à encourager et à protéger. En effet, si les 23 % sont un nouveau « terrain de jeux », il faudrait absolument pouvoir y placer des « joueurs » français pour occuper le terrain... avant que d'autres acteurs ne s'en chargent.

Il y a sur ce point un fort consensus dans le pays : le développement des énergies renouvelables doit se faire au profit des industries et des emplois locaux.

Pourquoi ? Tout d'abord, parce qu'en période de crise, tout emploi supplémentaire est le bienvenu et une « croissance verte » est avant tout une croissance tout court. Ensuite, du fait que les technologies des énergies renouvelables sont en progression et que la France dispose de bons atouts en matière de R&D et d'innovation, il existe une propension à faire émerger des filières d'excellence de niveau mondial sur notre territoire.

Enfin, tant que les énergies renouvelables sont soutenues par les contribuables ou par le tarif d'achat, elles représentent des investissements dont les retours doivent contribuer à la création de valeur en France.

Mais, pour cela, il est essentiel que les territoires comprennent que le Grenelle de l'Environnement doit à présent se décliner à l'échelle régionale et que les Régions revendiquent et valorisent leurs renouvelables comme une richesse locale, au même titre que d'autres « produits du terroir ». Les

bénéfices, notamment en termes d'emplois non délocalisables, seraient considérables. L'Ademe, qui publie un rapport annuel sur le marché de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables, estimait en 2008 à 258 190 le nombre d'équivalents temps plein (ETP) existant grâce à ce marché (185 540 ETP dans l'amélioration de l'efficacité énergétique et 72 640 ETP dans les énergies renouvelables). Ce chiffre pourrait s'élever à 492 340 ETP en 2012, si les objectifs visés sont effectivement atteints.

Dans le domaine des formations, une même croissance se fait sentir : une étude menée par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, dans le cadre du comité de filière Emplois Énergies renouvelables, estime que 300 étudiants supplémentaires sont accueillis chaque année (depuis 2002) dans des formations environnementales initiales rattachées au domaine de l'énergie, ce qui représentait 7 500 étudiants en 2008. Preuve de ce débordement d'activité, le Guide des formations dans le domaine des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie qu'Observ'ER publie chaque année ne cesse d'épaissir. En 2005, le premier guide ne comptait qu'une trentaine de formations... En 2010, c'est un numéro hors-série entier qui a été nécessaire pour recenser quelque 292 formations, initiales et continues, courtes ou longues !

Sur le plan économique, le rapport annuel de l'Ademe estime qu'à fin 2009, le marché de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables représentait 50 milliards d'euros (38 500 Mds – pour l'efficacité énergétique et 18 230 Mds – pour les renouvelables) et qu'il poursuivait sa croissance. Si les objectifs 2012 sont atteints, il pourrait constituer un marché de près de 92 Mds d'euros.

Quel avenir ?

Tous ces chiffres, encore une fois, prouvent une chose : les énergies renouvelables sont porteuses d'avenir et sont l'avenir même. Elles ne vont cesser de se développer et c'est à la France de décider quelle place elle veut et peut prendre dans cette révolution. 2020 n'est pas une fin en soi ; ce n'est qu'une étape qu'il a été nécessaire de fixer pour amorcer la métamorphose.

Mais la demande mondiale en énergie propre ne cessera pas de croître, bien au-delà de 2020. D'une part, du simple fait de la croissance démographique : nous étions environ 1,5 milliard d'êtres humains sur Terre en 1900, nous sommes aujourd'hui 6,7 milliards et nous serons sans doute 7,5 milliards en 2020 et 9 milliards en 2050... et il faudra de l'énergie pour tout le monde. D'autre part, les pays en développement, en plus de l'augmentation de leur population, doivent aussi avoir un meilleur accès à l'énergie afin de jouir de meilleures conditions de vie, ce qui contribuera également à l'augmentation de la demande. Enfin, le changement climatique n'est pas un phénomène passager qu'il serait possible de résorber en seulement quinze ans.

Certes, en termes d'énergie non émettrice de gaz à effet de serre, le nucléaire pourrait représenter une alternative aux renouvelables. Mais la production nucléaire mondiale ne semble pas être dans la bonne dynamique pour y parve-





nir : elle est en décroissance depuis 2006 et elle est passée, en trois ans, de 2 793 TWh à 2 724 TWh.

Le problème du réseau se pose également : la plupart des pays qui ont besoin de gros apports énergétiques, comme les pays en développement, ne disposent pas d'un réseau qui soit capable d'absorber la production d'une centrale de plus d'un millier de MW et de la redistribuer à travers le pays. Cette production centralisée est relativement adaptée à la France, où le réseau a été construit de manière à permettre le développement du nucléaire, mais elle représenterait des investissements hors de la portée de nombreux pays.

Les énergies renouvelables, en revanche, sont des énergies de proximité, pour lesquelles des *smart grids* ou de petits réseaux peuvent être facilement installés et qui seront donc beaucoup plus à même de répondre à la demande croissante en énergie à travers le monde. Les autres sources d'énergie sont appelées à devenir des énergies complémentaires des énergies renouvelables.

La question à laquelle il faut commencer à répondre dès aujourd'hui afin de pouvoir voir au-delà de 2020 est donc la suivante : « Décennie après décennie, comment faire pour assurer un approvisionnement énergétique entièrement renouvelable ? ».

En 1980, le « Manifeste pour une France solaire » publié par le Comité d'Action pour le Solaire préconisait déjà un objectif de 23 % d'énergie renouvelable en France, ce qui avait semblé utopique, à l'époque.

Pourtant, trente ans plus tard (le temps nécessaire à la mise en place de toute révolution énergétique), cette vision est devenue réalité. En effet, pourquoi n'envisagerait-on pas de nouveau, aujourd'hui, une projection à long terme et ne se fixerait-on pas des objectifs soi-disant « utopiques » ? De nombreuses études sont publiées actuellement concernant les scénarios pour un futur 100 % renouvelable (ou presque), et la plupart de ces scénarios sont tout à fait réalistes.

Le projet « Re-Thinking 2050 » de l'*European Renewable Energy Council* (EREC) a ainsi établi qu'en 2050, l'Union européenne pourrait atteindre 96 % d'énergies renouvelables dans sa consommation finale d'énergie, à condition que la volonté politique nécessaire soit mise en œuvre, les technologies étant, elles, déjà prêtes à répondre à l'effort envisagé.

De son côté, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a publié en juillet dernier le rapport « *Energy Technology Perspectives 2010 ; Scenarios & Stratégies to 2050* », dans lequel elle établit un scénario qui montre qu'il est possible, à l'échelle mondiale, d'atteindre les 75 % d'énergies renouvelables dans la production électrique. Ces deux scénarios sont loin d'être les plus optimistes, mais ils révèlent pourtant un futur prometteur pour les énergies renouvelables.

Alors, que la France atteigne ou non ses objectifs en 2012 ou en 2020, elle progresse et elle doit continuer sur sa lancée afin de pouvoir profiter de la chance que représentent les énergies renouvelables et le nouveau « monde énergétique » que nous devons bâtir.

En effet, si le changement se fait aujourd'hui dans la contrainte, il est, à plus long terme, synonyme d'une meilleure répartition des atouts énergétiques entre les pays. Cette métamorphose replace à égalité de concurrence les pays dotés de ressources énergétiques de stock et ceux qui n'en disposent pas... Certains d'entre eux deviendront sans nul doute les nouveaux fournisseurs d'énergie propre de la planète.

La France en fera-t-elle partie ?

Elle a inventé la démocratie écologique avec la méthode du Grenelle de l'Environnement ; elle doit, dès à présent, continuer à inventer son avenir.

Note

* Président d'Observ'ER.



La contribution des éco-TIC à la protection de l'environnement

Les TIC (Technologies de l'information et de la communication) permettent de relier les hommes et d'effectuer, depuis son domicile ou son bureau, des tâches qui auraient nécessité des transports et de la pollution. Néanmoins, elles représentent une part notable et croissante de la consommation électrique et elles entraînent elles aussi des émissions de gaz à effet de serre (GES). L'auteur, qui a participé à plusieurs travaux sur le sujet, notamment en tant que rapporteur du groupe Detic (Développement éco-responsable et TIC) fait ici le bilan des travaux de l'administration sur l'impact des TIC. Dans une partie plus personnelle, il s'interroge sur les effets induits de la croissance verte.

par Jean CUEUGNIET*

Introduction : L'ambivalence des TIC en matière de développement durable

Le secteur des TIC (Technologies de l'Information et de la communication) est à la fois un émetteur de gaz à effet de serre et un contributeur à la lutte contre le changement climatique. Les études réalisées par l'Institut Gartner au milieu des années 2000 ont mis en avant des chiffres concernant les émissions des TIC, avec des comparaisons avec le transport aérien de nature à frapper les esprits : les TIC, qui affranchissent les individus des distances physiques, voire qui sont génératrices d'un don d'ubiquité (1), émettraient finalement autant de CO₂ que les déplacements qu'elles permettent d'économiser. Mais cette comparaison est sujette à caution, car il n'y a aucune commune mesure entre les émissions de CO₂ d'un passager sur un vol Paris-New York et celles d'un coup de téléphone transatlantique. Néanmoins, cette question mérite d'être creusée. En parallèle, le rapport Smart 2020 du GESI, un organisme dans lequel les acteurs du secteur des TIC sont largement représentés, fait état d'un potentiel d'économies de 7 800 millions de tonnes de CO₂ à l'horizon 2020, soit cinq fois plus que leurs propres émissions.

Le Gouvernement a donc souhaité disposer d'une analyse plus approfondie de ce sujet, spécifique à la France, et a lancé deux études successives :

- ✓ une étude cadrant la problématique confiée conjointement au CGEDD, au CGTI et à l'Arcep en 2007, qui a permis d'avoir quelques chiffres de référence et quelques pistes d'action ;
- ✓ un groupe de travail (groupe Detic) réunissant l'ensemble des acteurs du secteur en vue de définir des actions concrètes qui fassent l'objet d'un consensus et permettent de mieux utiliser les TIC en les rendant plus sobres et en les utilisant plus massivement dans les cas où elles permettent de réaliser des économies d'énergie.

Ces travaux ont été poursuivis ensuite par différentes études plus ciblées, du Cigref, de l'Afnor, ainsi que du BCG/FFT, dont les résultats seront mentionnés plus loin.

Un impact croissant des TIC

Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'étude de Gartner fait apparaître que le secteur des TIC représente 2 % des GES au niveau mondial. Y ont été pris en compte les matériels télécom et informatiques, mais pas l'audiovisuel, ni l'électronique en général (appareils de mesure, scanners médicaux, électronique embarquée dans des véhicules...). L'estimation tient compte de la chaîne de vie complète des produits, y compris de l'énergie nécessaire à leur production (dite « énergie grise » ou « empreinte carbone production »), ainsi que de la quantité de CO₂ dégagée par la production de l'électricité qui les fait fonctionner.

Le rapport CGTI/ CGEDD/ Arcep met en évidence une spécificité française très marquée tenant à la production d'électricité française à 80 % nucléaire (et donc fortement dé-carbonée), avec, par ailleurs, une très faible production de matériels TIC (largement importés des Etats-Unis ou de Chine). Globalement, ce rapport, qui s'intéresse au secteur des TIC au sens large, selon la définition du Sessi (Service des Etudes et des Statistiques industrielles) comportant les télécom, l'informatique, l'audiovisuel et l'électronique grand public, évalue :

- ✓ la consommation des TIC à environ 58 TWh/an, soit 13 % de la consommation électrique française, avec une croissance forte, voisine de 10 % par an. Compte tenu de la production largement dé-carbonée de l'électricité en France (84 g CO₂/ kWh, contre une moyenne mondiale de 450 g), cela ne représente toutefois que 5 Mt CO₂/an et
- ✓ l'empreinte de la production de ces matériels à 22 Mt CO₂/an.

Ces estimations, qui se basent sur des calculs de l'Ademe, prennent en compte un parc de TIC en grande partie importé, dont la production a donc nécessité la consommation de beaucoup d'énergie fossile carbonée.

Si l'on inclut des activités en marge des TIC (typiquement, le bilan carbone des entreprises du secteur des TIC intégrant les déplacements des salariés ou le chauffage des locaux), le total représente 30 Mt CO₂/an, soit 5 % de la production française de CO₂ (évaluée à environ 550 Mt/an).

Ce chiffre (qui a suscité certaines polémiques) doit être relativisé :

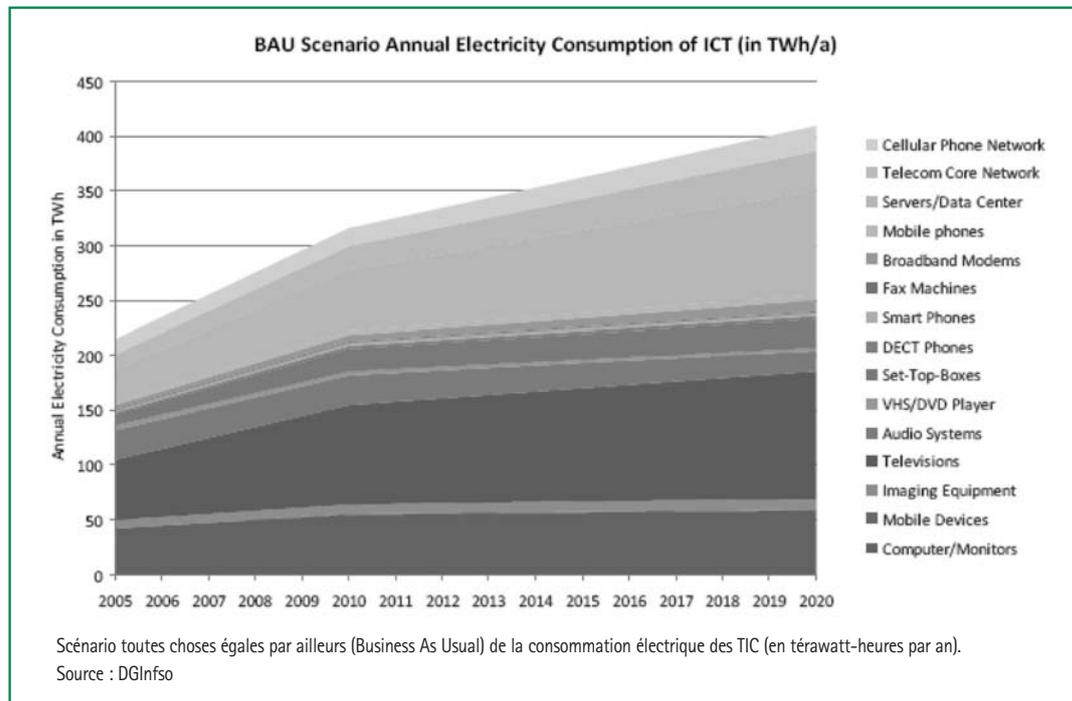
- ✓ la France est un pays peu émetteur de CO₂ (elle émet 1,5 % du CO₂ mondial, alors qu'elle représente 4,5 % du PIB mondial), ce qui fait que les 30 Mt ne représentent finalement qu'à peine 2 % des 4,5 % du CO₂ mondial que la France pourrait prétendre à émettre.
- ✓ l'assiette qui a été prise en considération est nettement supérieure à celle de l'Institut Gartner (plus du double), en raison de la prise en compte de l'audiovisuel et de l'électronique grand public ;
- ✓ environ la moitié de ce CO₂ n'est pas émis en France, l'empreinte de la production pesant lourd dans ce bilan et les matériels TIC utilisés en France ayant été pour l'essentiel produits à l'étranger.

En définitive, suivant la manière de compter, on obtient des chiffres allant de 0,5 % à 5 % du CO₂ émis en France. De plus, notre pays dispose de TIC relativement peu émettrices de CO₂ : leur bilan est donc très largement positif en termes d'émissions évitées.

En ce qui concerne la ventilation de cet impact écologique entre les différents sous-secteurs des TIC, les chiffres de la France ne se distinguent pas notablement des moyennes européennes ou mondiales, si ce n'est sur la proportion entre les émissions d'équivalent CO₂ de l'empreinte production et celles générées par l'utilisation des matériels : alors que l'empreinte usage est fortement prédominante dans le monde, elle est en France plus faible que l'empreinte production, du fait de l'électricité nucléaire dé-carbonée. Ce point est parfois difficile en raison des intérêts économiques des acteurs. En effet, dès lors que dans un *data-center* (par exemple) on s'attache à réduire la consommation électrique grâce à des serveurs plus performants, tout le monde y trouve son compte et, en général, dans le monde, cela représente une opération vertueuse sur le plan écologique. En France, la situation est plus nuancée, si l'on tient compte de l'empreinte carbone production des matériels généralement produits en Chine (avec l'émission de plusieurs centaines de kg de CO₂ par ordinateur) et utilisés en France, fusse avec une électricité peu carbonée. D'où la forte réticence des industriels à évoquer l'empreinte production.

On trouvera ci-après un graphique de la DG Info donnant une répartition de l'électricité consommée dans l'Union européenne, ainsi que les chiffres pour la France issus du rapport CGTI/ CGEDD/ Arcep (voir le graphique 1 et le tableau 1).

On notera, sur le graphique de l'UE, la forte progression attendue des secteurs audiovisuels et des *data-centers*.



Graphique 1 de la DG Info donnant une répartition de l'électricité consommée dans l'Union européenne, ainsi que les chiffres France issus du rapport CGTI/ CGEDD/ ARCEP.

	Production (Mt équivalent CO ₂)	Usage	Total
PC résidentiels	3,2	0,6	3,8
PC professionnels	3,2	0,9	4,12
Serveurs, datacenters	0,26	0,34	0,6
Audiovisuel	6,8	1,4	8,1
Téléphones mobiles	0,7	négligeable	0,7
Autres matériels	8	1,7	9,7
Total matériels	22,2	4,9	27,1
Activités secteur TIC	3,1		
Total	22,2	8	30,2

Tableau 1 : Rapport CGTI/ CGEDD/ Arcep.

Source : Rapport CGTI/CGEDD/ARCEP

L'équipement des ménages en écrans plats a un impact important, la consommation des écrans LCD ou plasma étant proportionnelle à leur superficie, alors que celle des tubes cathodiques était plus ou moins fixe. Il en résulte que le remplacement des moniteurs cathodiques par de petits écrans plats, pour les ordinateurs, est une opération bénéfique, alors que le remplacement de téléviseurs cathodiques par de grands écrans plats entraîne une consommation électrique et donc un dégagement de GES accrus.

La progression de la consommation électrique des *datacenters* est également spectaculaire. Le chiffre de 1 000 TWh/an a été avancé pour Internet et ses serveurs dans le monde, pour 2007 (J Koomey, Analytics press, Oakland, California, Feb 2007), et le rapport CGTI estime la consommation des serveurs en France à 4 TWh pour la même année, avec une croissance de plusieurs dizaines de pourcent par an.

Autres impacts

Les impacts des TIC étudiés jusqu'ici (consommation d'électricité, émission de GES) sont largement quantifiables, même si une incertitude très forte pèse sur le bilan carbone. L'équivalent CO₂ de l'empreinte production n'est en effet pas une valeur intrinsèque du produit puisque deux matériels parfaitement identiques mais produits différemment pourront avoir des empreintes très différentes.

Reste le problème des déchets : les déchets de TIC (informatique, audiovisuel hors écrans...) sont collectés en même temps que le petit électroménager, et l'ensemble représente 15 % de la collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques (les Deee), soit 24 000 tonnes/an en France. Comme pour beaucoup de petits matériels de cette catégorie, le taux de collecte des déchets est faible, pour les TIC (il est de l'ordre des 10 %). Pour les téléphones mobiles, il était encore plus faible en 2007. Notamment à la demande de l'administration, certains opérateurs ont mis en place des filières de récupération associées à des avantages financiers, mais les résultats restent modestes.

La France était plutôt en retard par rapport à d'autres pays de l'Union européenne dans la collecte des déchets, mais la situation est en progrès. Il reste que nous sommes loin derrière des pays (comme le Japon) qui ont mis en place

des politiques d'économie circulaire dans lesquelles les déchets sont récupérés beaucoup plus massivement en vue d'une réutilisation pour la production de nouveaux matériels ; il est vrai qu'en raison de sa production industrielle très réduite dans le secteur TIC, la France pourrait difficilement réutiliser les matériaux récupérés... !

Les apports significatifs des TIC au développement durable contribuent à la croissance verte – Le groupe DETIC

Le groupe DETIC (Développement durable et TIC) s'est attaché à la double tâche de rendre les TIC plus écologiques et d'en développer l'utilisation, qui permet de réaliser des économies d'énergie. Ce groupe présidé par Michel Petit, membre du CGIET, et qui a été constitué à la demande de Mme Christine Lagarde, ministre de l'Economie, a rassemblé un grand nombre de participants pendant un peu plus de 6 mois (au premier semestre 2008) dans le cadre d'un groupe plénier et de trois ateliers, plus spécialement chargés :

- ✓ des composants (atelier 1) ;
- ✓ des centres de calcul (atelier 2) ;
- ✓ de l'appropriation des TIC par les entreprises (en particulier par les PME), afin de réduire leur empreinte écologique (atelier 3).

Le groupe a recherché le consensus et, notamment dans l'atelier 3, il a donné une large place à l'information des acteurs et à la concertation, en impliquant les grands donneurs d'ordres, les fédérations professionnelles et les consommateurs.

L'atelier 1 a mis en évidence les progrès fulgurants de l'industrie électronique. La célèbre loi de Moore a conduit à un doublement de la puissance ou du nombre de transistors par cm² tous les 18 mois environ, et donc à une baisse corrélatrice des prix unitaires des composants. Bien que l'on atteigne maintenant les dimensions de l'atome, ce qui conduit à des courants de fuite plus importants par effet tunnel, les spécialistes du secteur ont estimé que les progrès pourraient continuer encore dans un avenir prévisible (à 5 ans), grâce notamment à des architectures davantage parallèles.

Le problème écologique réside dans le fait que le coût du matériel (capacité de calcul, capacité mémoire) devient



© Gilles Rolle/REA

« Les data-centers nécessitent en général des installations de réfrigération importantes, de telle sorte que seule la moitié environ de la consommation électrique des TIC sert aujourd'hui à alimenter les serveurs informatiques ». Chantier de construction des unités de refroidissement d'un centre d'hébergement de données informatiques à Saint-Denis (Seine-Saint-Denis).

marginal devant le coût du développement, ce qui incite les développeurs à demander des machines toujours plus performantes davantage qu'à optimiser leurs programmations. Or le remplacement des matériels à l'occasion d'une nouvelle application a un coût en CO₂ relativement élevé, ce qui a conduit le groupe à préconiser une approche plus globale « matériel + logiciel » dans les développements informatiques. L'exemple cité d'une plateforme audio montre que l'optimisation du logiciel peut apporter des gains dans un facteur x10 sur le temps d'exécution et sur la consommation d'énergie de la mémoire.

Sur le plan de la méthode, la normalisation internationale des mesures d'efficacité énergétique ou de bilan carbone est apparue prioritaire et l'extension du *crédit Impôt recherche* aux activités de normalisation a été proposée. Malgré des demandes répétées, il est toujours impossible de disposer de valeurs de référence sur le coût en CO₂ lié à la production d'un ordinateur individuel (PC). Il faut donc normaliser les méthodes de mesure pour que les industriels puissent comparer leurs produits et disposer de guides méthodologiques, avec, si besoin est, des valeurs standards de référence pour les équipements individuels, afin que les bilans carbone d'opérations vertes (travail à distance, bâtiments intelligents...) puissent être établis avec rigueur. L'utilisation de labels tels qu'Energy Star ou Epeat intégrant d'autres critères que la seule consommation électrique pourrait favoriser cette approche. Dans le cadre du Cigref,

une référence plus systématique sera faite à de tels labels écologiques dans les appels d'offres auprès des industriels.

L'atelier 2 était consacré à l'étude des *data-centers* et des architectures informatiques.

Les *data-centers* nécessitent en général des installations de réfrigération importantes, de telle sorte que seule la moitié environ de la consommation électrique des TIC sert aujourd'hui à alimenter les serveurs informatiques.

Les nouvelles techniques (notamment celle consistant à créer des couloirs aile chaude/ aile froide, plutôt qu'à refroidir chaque baie individuellement) devraient être encouragées. La baisse du coût de la bande passante et l'arrivée du *cloud computing* permettent également d'envisager des architectures capables de s'affranchir de la distance, par exemple en utilisant des centres situés dans des pays froids, voire en jouant sur les périodes jour/nuit, différentes suivant les fuseaux horaires. Le groupe a mis en évidence l'intérêt écologique qu'il y aurait à favoriser l'installation de *data-centers* en France : une électricité peu onéreuse et peu carbonée, des télécommunications performantes, une température extérieure modérée... Il a été proposé que les *data-centers* bénéficient d'un examen simplifié lors de la procédure ICPE (Installations classées pour la protection de l'environnement).

La réutilisation de la chaleur des *data-centers* pour le chauffage de logements a été envisagée, mais elle n'a pas semblé suffisamment opérationnelle.

L'atelier 3 a analysé de nombreux exemples d'utilisations des TIC en vue de lutter contre le réchauffement climatique.

Dans le domaine de la logistique et des transports, les applications informatiques intégrées gérant les approvisionnements et bien informées des positions des camions grâce aux téléphones mobiles et aux GPS peuvent éviter beaucoup de km parcourus, et donc d'émissions de CO₂. Le e-commerce, un secteur en forte croissance, permet également de réaliser d'importantes économies d'émissions de GES.

Les progrès dans les télécommunications ainsi que dans la miniaturisation des ordinateurs permettent aujourd'hui d'avoir facilement accès au système d'information de l'entreprise depuis son domicile personnel ou depuis un mobile. Les blocages liés à la gestion de la sécurité sont maintenant résolus à des coûts tout à fait acceptables. Le travail à distance rendu possible par les TIC permet d'éviter des déplacements en améliorant, de surcroît, la qualité de vie des salariés et en contribuant à l'aménagement du territoire. Cela concerne aussi bien le télétravail que l'utilisation plus systématique des outils de visio- ou de téléconférence. Le groupe recommande la normalisation des interfaces en vue de promouvoir l'interopérabilité des outils de visioconférence, ainsi que le soutien à la création de télécentres offrant un hébergement et une assistance aux télétravailleurs.

Dans le domaine du bâtiment, la maquette numérique des bâtiments et des quartiers, outil informatique dévelop-

pé avec le soutien de l'administration, permet de concevoir et de réaliser des bâtiments plus sobres en énergie. Par ailleurs, des capteurs permettant de détecter des présences humaines ou des télécommandes à distance de chauffage permettent d'optimiser les consommations d'énergie dans des bâtiments intelligents prêtés (concept de réseaux domiciliaires).

La dématérialisation des procédures grâce à Internet constitue un autre gisement d'économies. L'administration a montré l'exemple en la matière, avec les déclarations d'impôt en ligne (impôt sur le revenu des particuliers, TVA pour les entreprises...) et la carte Vitale, qui a permis d'économiser l'envoi d'un milliard de feuilles de soin par an.

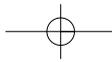
Le domaine de l'énergie a été relativement peu étudié dans le groupe, mais, outre le solaire photovoltaïque, qui est largement composé d'électronique, les impacts des TIC sont importants dans le domaine des réseaux électriques intelligents (*smart grids*). Une mesure plus fine des consommations, grâce aux TIC, va permettre aux usagers de mieux gérer leur consommation et surtout de lisser celle-ci afin d'éviter les pointes, qui entraînent en général des émissions de CO₂ (2). L'impact peut être important pour la gestion du chauffage, ainsi que pour la recharge des accumulateurs des véhicules électriques.

Le véhicule électrique n'est pas encore rentable, mais il devrait le devenir d'ici à une dizaine d'années grâce au perfectionnement des batteries. Or, les études de l'Ademe montrent que l'intérêt écologique du véhicule électrique est lié



© Ludovic/REA

« Le travail à distance rendu possible par les TIC permet d'éviter des déplacements en améliorant, de surcroît, la qualité de vie des salariés et en contribuant à l'aménagement du territoire. Cela concerne aussi bien le télétravail que l'utilisation plus systématique des outils de visio- ou de téléconférence ». Mise en place d'un système de visioconférence pour l'université d'été du Medef, Jouy-en-Josas, 1^{er} septembre 2010.



à la méthode de production de l'électricité servant à le recharger, « du puits à la roue » : alors qu'un véhicule à essence émet de l'ordre de 140 g de CO₂/km, un véhicule électrique rechargé à l'électricité nucléaire émet moins de 20 g (alors qu'un véhicule rechargé avec de l'électricité produite avec du fioul ou du charbon émet plus de 250 g). On mesure tout l'intérêt qu'il y a à développer un parc de véhicules électriques qui seraient rechargés la nuit (charge lente pendant les heures creuses EDF, voire, à la limite, restitution d'énergie par les véhicules aux heures de pointe). *A contrario*, l'aberration d'une charge rapide, aux heures de pointe, nécessiterait des investissements de production électrique supplémentaires et entraînerait une augmentation de nos émissions de CO₂.

L'étude BCG/Idate commanditée par la Fédération Française des Télécommunications (FFT) s'est efforcée de chiffrer en 2009 un certain nombre de gains réalisables grâce aux TIC. Selon cette étude inspirée de l'étude Smart 2020 du Gesi, 7 % des émissions françaises de CO₂ (soit environ 32 Mt) pourraient être économisées à l'horizon 2020 en sus des économies liées au Grenelle de l'Environnement :

- ✓ 15,2 Mt pour la logistique et les transports,
- ✓ 8,4 Mt pour les systèmes électriques (dont les *smart grids* et les véhicules électriques),
- ✓ 4,4 Mt pour les bâtiments,
- ✓ 3,3 Mt pour la dématérialisation,
- ✓ 1 Mt pour les processus industriels.

Les limites de la croissance verte

La croissance verte est un compromis entre deux notions relativement antinomiques ; en effet, la croissance apporte très généralement un accroissement de la pollution et des nuisances. Rémy Prud'homme explique, dans un article assez convaincant (Commentaire, n° 131), que les dépenses vertes n'apportent en général pas de croissance, à l'instar des dépenses militaires, qui (hors effet keynésien temporaire) ont eu dans l'histoire un effet global négatif sur la croissance et ce, à la différence des révolutions techniques, comme la machine à vapeur ou l'informatique, qui ont été ou sont créatrices de croissance. Les subventions écologiques se traduisent effectivement par des créations d'emplois dans le secteur vert, mais au prix d'une augmentation des taxes et d'une destruction d'emplois dans d'autres secteurs.

On peut donc penser que la croissance verte est une chimère, ce qui veut dire non pas qu'il faille renoncer à l'écologie, mais qu'il faut en admettre le prix : le rapport Stern indique bien qu'en acceptant 1 % de réduction du PIB de manière préventive, on évitera une baisse future de 6 % du PIB liée au réchauffement.

Il faut d'ailleurs relativiser le poids du PIB, dont plusieurs études ont montré qu'à partir d'un certain niveau de vie, il ne procure plus davantage de bonheur, alors que la lutte contre le changement climatique et la pollution sont des facteurs de bien-être. Malheureusement, nos gouvernements, trop attachés qu'ils sont à la croissance économique,

qui remplit les caisses de l'Etat grâce à la TVA, n'ont pas cherché (et donc n'ont pas trouvé) d'autre recette que la croissance pour réduire le chômage et l'exclusion sociale.

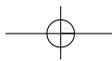
Arrivés à ce stade des réflexions, il convient de se pencher sur la croissance verte liée aux TIC. Elle est à la conjonction de l'écologie (et de son impact mitigé sur la croissance) et des TIC, qui sont, rappelons-le, facteur de croissance. Le résultat est ambigu et cette ambiguïté se traduit par un effet rebond caractéristique des secteurs innovants, qui est particulièrement marqué dans le cas des TIC.

L'effet rebond

On appelle effet rebond un phénomène s'apparentant à l'élasticité au prix, qui fait que des économies réalisées entraînent de nouvelles dépenses annulant les gains. Les exemples de cet effet rebond sont nombreux et variés :

- ✓ de manière factuelle, le CGDD constate que les émissions de CO₂ des branches de production (soit les 2/3 de nos émissions) n'ont pas baissé entre 1990 et 2007, malgré un accroissement de 33 % de l'efficacité énergétique (Etudes et documents n° 27, août 2010) ;
- ✓ une récente étude de Jeff Tsao (*Journal of Physics: Applied Physics*) estime que le déploiement des lampes basse consommation va, au final, augmenter la consommation électrique liée à l'éclairage, car les utilisateurs voudront s'éclairer encore plus ;
- ✓ le télétravail permet à un salarié d'envisager un logement plus grand, mais plus éloigné de son lieu de travail et si, au lieu de faire chaque jour 30 km en transports en commun, il parcourt, un jour sur deux, 50 km en voiture individuelle, le bilan n'est pas forcément positif d'un point de vue écologique ;
- ✓ les progrès réguliers réalisés par le secteur des composants électroniques illustrent ce phénomène depuis des années. Au rythme de la loi de Moore, le prix d'un ordinateur PC devrait être divisé par un facteur de plus de 10 tous les dix ans. Or, il est à peine divisé par 2 parce qu'il incorpore chaque jour de nouvelles fonctionnalités (nécessaires ou non). De ce fait, l'industrie des TIC ne voit pas son chiffre d'affaires baisser, mais bien au contraire augmenter, et les nuisances des TIC progressent également, même si l'efficacité énergétique des TIC fait aussi des progrès : différents rapports (3) estiment la croissance de la consommation électrique des TIC de 5 à 10 % par an. Comme les TIC sont souvent utilisées dans des applications de modernisation qui améliorent l'efficacité énergétique, cela n'a rien de dramatique, mais le niveau d'importance des TIC dans la société est devenu tel que l'on ne peut plus se contenter du raisonnement simpliste consistant à dire qu'elles permettent globalement d'économiser plus de CO₂ qu'elles n'en produisent, « plus on fait de TIC, mieux on se porte ». Or, le remplacement d'un poste de télévision cathodique encore en état de marche par un écran plat de 42 pouces est très loin d'entraîner une économie de CO₂ !

Néanmoins, la croissance verte permettant de supprimer des éléments encore plus polluants que ceux que l'on



construit, le bilan peut être positif. Encore faut-il bien comptabiliser « l'amortissement en nuisances » (y compris dans son empreinte carbone production) de la réalisation nouvelle, qui remplace bien souvent un équipement déjà largement amorti. Beaucoup de présentations sur le sujet sont à but commercial et manquent de rigueur. Un point d'ailleurs souvent occulté est la chaleur dégagée par les équipements électriques et électroniques. Lorsque l'on met des nouveaux équipements économiseurs d'énergie dans des bureaux ou des logements (PC moins gourmands, lampes basse consommation, détecteurs de présence déclenchant l'éclairage...), on oublie souvent de prendre en compte le fait que pendant près de six mois par an, les anciens équipements servaient de chauffage et que l'économie électrique sera compensée par une dépense de chauffage accrue. Et, très souvent, ce chauffage est électrique !

L'intérêt économique des acteurs, enfin, est un élément important. Lorsque l'intérêt économique rejoint l'intérêt écologique (comme c'est généralement le cas pour les *data-centers*, par exemple), les progrès se font naturellement de façon vertueuse. En revanche, dès lors qu'ils divergent, les discussions sont beaucoup plus difficiles et c'est souvent l'intérêt économique qui l'emporte.

La croissance verte via les TIC : un moindre mal

Sous l'impulsion des politiques publiques visant à lutter contre le changement climatique, de nouveaux créneaux s'offrent aux entreprises dans le domaine des énergies renouvelables, de la rénovation des bâtiments, du recyclage des déchets..., c'est-à-dire des créneaux sur lesquels les TIC sont presque toujours présentes. De nombreuses entreprises asiatiques ou californiennes se sont

spécialisées dans ce secteur et la France se doit d'y être compétitive pour que nos efforts écologiques ne se traduisent pas uniquement par des importations, et donc de la croissance dans les autres pays et du chômage chez nous.

En guise de conclusion, je dirai que nous n'avons pas trop le choix en matière de croissance verte. Les opinions publiques, de même que les instances européennes, souhaitent (à juste titre) un effort en faveur d'une économie verte. Or, nos modèles économiques sont encore basés sur la croissance. L'investissement dans des projets éco-TIC permettra d'atténuer les effets négatifs de la (dé)croissance verte, à condition que les projets soient menés avec rigueur (les TIC ne sont qu'un outil, leur usage, bénéfique ou non, dépend par conséquent des projets eux-mêmes) et que l'effet rebond soit maîtrisé.

Notes

* Ingénieur général des Mines au Conseil Général de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies (CGIET), ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, rapporteur du Groupe de réflexion sur les Eco-TIC.

(1) Voir une publicité de France Télécom d'il y a une dizaine d'années.

(2) En France, l'électricité de base est fournie à 80 % par du nucléaire, elle est donc non carbonée, mais les centrales nucléaires ne peuvent être ni mises en marche, ni arrêtées en quelques heures. Lors des pointes de consommation, on fait appel prioritairement à l'hydraulique, mais sa capacité étant limitée, ce sont surtout les centrales à gaz (plus souples d'emploi, mais émettant plus de CO₂) qui prennent le relais. Le lissage de la pointe de consommation présente donc un double intérêt : financier (il permet d'éviter d'acheter des centrales à gaz qui ne servent que quelques milliers d'heures par an) et écologique.

(3) Rapport CGTI/CGEDD/Arcep déjà cité, rapport OCDE « *Greener and Smarter* », septembre 2010.

Croissance des PME et développement durable

Depuis 2008, la crise rappelle l'impératif économique : pour les entreprises, l'optimisation de la gestion de toutes les ressources redevient un impératif de qualité totale, tandis que de nouvelles perspectives s'ouvrent pour les éco-entreprises. Le nombre des PME agissant dans le sens d'un développement durable ne cesse de croître. Le manque d'appétence des entreprises françaises pour la mise en œuvre de systèmes de management est probablement lié à la façon dont certains grands donneurs d'ordres ont imposé une accumulation excessive de référentiels et de contrôles, l'interprétation quasi administrative des exigences normatives par les certificateurs, ainsi que la taille particulièrement petite de la plupart des entreprises de notre pays.

par André-Jean GUERIN*

L'action en faveur du développement durable ne dépend pas de la taille de l'entreprise

En juillet 2000, British Petroleum, seconde entreprise pétrolière au monde, lançait une campagne de communication institutionnelle de 200 millions de dollars pour conférer à la compagnie une nouvelle identité amicale vis-à-vis de l'environnement. A cette fin, la société introduisit une nouvelle déclinaison de la marque BP, « Beyond Petroleum » (au-delà du pétrole) et changea son logo vieux de soixante-dix ans (en forme de bouclier) pour un nouveau, plus gai, représentant un soleil rayonnant vers de la verdure (voir la photo 1). Déjà à l'époque, CorpWatch, une association américaine de vigilance à l'égard des engagements des entreprises, s'interrogeait sur le bien-fondé d'un tel choix pour la rénovation de la marque et proposait, en guise d'alternative « Beyond Preposterous » (au-delà de l'absurde). Car, ajoutait CorpWatch, quand une compagnie dépense plus en publicité pour afficher son respect de l'environnement que pour ses actions en faveur de l'environnement, c'est du *greenwashing* !

Le 20 avril 2010, une explosion et un incendie se déclarent sur une plateforme *offshore* de BP, Deepwater Horizon. Sur les cent quinze personnes qui en constituent l'équipage, onze décèdent, et dix-sept sont blessées. La perte de la pla-



Photo 1 : Parodie du nouveau logo de la compagnie pétrolière BP.

(Source : Center for media and democracy, <http://www.prwatch.org/node/9038>)

teforme, qui a sombré par 1 500 m de fond dans le Golfe du Mexique, a provoqué plusieurs fuites de pétrole et la plus importante marée noire aux Etats-Unis depuis celle de l'Exxon Valdes, en 1989. Entre avril et fin juillet 2010, BP perdait la moitié de sa valeur boursière. Alors : BP = Beyond Prosperity ?

Fondé en 2002 sous l'impulsion d'Arnaud Castagnède, le Groupe ACTA VISTA a pour métiers :

- ✓ la réhabilitation et la valorisation de monuments historiques,
- ✓ la préservation et la valorisation d'espaces naturels sensibles classés ou protégés,
- ✓ l'aménagement et la valorisation d'espaces urbains et périurbains,
- ✓ l'insertion professionnelle durable,
- ✓ la formation qualifiante.

Aujourd'hui, le Groupe est composé de 45 permanents (chefs de projet, psychologues, personnels administratifs, chefs de chantier, conducteurs de travaux, ingénieur environnement...), avec 350 salariés en insertion en 2009, plus de 800 depuis 2002 et un taux de retour à l'emploi de 60 % en moyenne.

Au-delà de son action locale, le Groupe Acta Vista assure également la conduite de projets européens (Chantier Européen pour l'Emploi entre Chypre, la France, l'Italie et Malte, dans le cadre du programme Leonardo Da Vinci) et de projets internationaux, avec la fondation Schwab et le Club international des entrepreneurs sociaux.

Sur ces différentes actions, le Groupe est : agréé d'utilité sociale, agréé association de protection de l'environnement, labellisé « 2008, année européenne du dialogue interculturel », labellisé Envol (engagement volontaire des entreprises pour l'environnement) 2010/2011, lauréat du trophée RSE (responsabilité sociétale des entreprises) Paca 2010, témoignage de son engagement en faveur d'un développement durable (voir la photo 2).

Entre ces deux cas, rien de commun, hormis le contraste, dont nous nous garderons bien de tirer quelque ensei-



Photo 2 : Acta Vista, www.actavista.fr – Chantier de réhabilitation du Fort Saint-Nicolas, à Marseille.



Photo 3.

<http://www.entrepreneursdavenir.com/pea/page/-/code/parlement.2009.presentation>

gnement. En revanche, une manifestation telle que le Parlement des entrepreneurs d'avenir 2009 organisée avec le Centre des Jeunes Dirigeants montre que le nombre des PME agissant dans le sens d'un développement durable ne cesse de croître (voir la photo 3).

Ces entrepreneurs témoignent tous d'une responsabilité, au-delà de leur PME, vis-à-vis de l'ensemble de la société. Regarder au-delà de l'horizon de leur entreprise, c'est ce que leur suggère le rapport de 2009 du Boston Consulting Group issu d'une étude menée avec le Massachusetts Institute of Technology, *The Business of Sustainability*, à savoir que :

- ✓ les prix de la nourriture, de l'eau, de l'énergie et des autres ressources deviennent extrêmement volatiles. Les entreprises capables d'optimiser leurs orientations et

leurs pratiques au regard d'un développement durable seront moins exposées à ces variations et auront une meilleure résilience ;

- ✓ les parties prenantes (incluant les consommateurs, les acheteurs, les actionnaires, les pouvoirs publics) attachent plus d'attention au développement durable et font pression sur les entreprises pour agir ;
- ✓ les gouvernements, partout dans le monde, s'engagent de plus en plus dans des politiques promouvant la durabilité. Les entreprises qui anticipent les initiatives en faveur de la durabilité seront moins vulnérables pour respecter les changements dans la réglementation. Elles seront également en meilleure position pour faire entendre leur voix dans l'élaboration des politiques, et non plus simplement en réaction à celles-ci ;
- ✓ les marchés financiers sont plus attentifs à la durabilité que par le passé et en tirent un indicateur pour évaluer les entreprises et prendre leurs décisions d'investissement ;
- ✓ enfin, ceux qui « bougent » les premiers sont les mieux placés pour prendre l'avantage et leurs concurrents rencontrent bien plus de difficulté.

Au total, le rapport du BCG appelle les patrons à prendre conscience du fait qu'à l'avenir, le développement durable aura une forte incidence sur le paysage des affaires. Y prendre pied prépare à en recueillir les avantages compétitifs.

Mais les bonnes pratiques seraient-elles ainsi mises en évidence si elles étaient déjà généralisées ? Une enquête du Centre régional d'observation du commerce, de l'industrie et des services (CROCIS de la CCIP : www.crocis.ccip.fr/tele

Encadré 1**Données INSEE (au 1^{er} janvier 2009) sur le nombre d'établissements en fonction du nombre de leurs salariés :**

http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=natnon09221&id=629

0	de 1 à 9	de 10 à 49	de 50 à 199	de 200 à 499	de 500 à 1999	2 000 et plus	Total	dont de 10 à 200
2 186 134	1 195 849	222 022	37 882	6 122	1 643	131	3 649 783	259 904

Commentaire :

Au 1^{er} janvier 2008, en France, six entreprises sur dix n'ont aucun salarié et trois sur dix en ont entre un et neuf. 7 % des entreprises sont des PME de 10 à 250 salariés. Plus d'une entreprise de moins de dix salariés sur cinq est une entreprise commerciale, et près d'une entreprise de plus de 250 salariés sur trois est une entreprise industrielle.

charger-276-documents-enjeux113_200901.pdf) indiquait, début 2009, sous le titre *Le développement durable en Île-de-France : Les PME prêtes à s'engager* : « Il apparaît globalement que les PME se trouvent à une période charnière de leur développement, entre une prise de conscience désormais aboutie et une volonté d'action souvent difficile à mettre en œuvre ».

Et cette étude de conclure : « Encouragées par les mesures découlant du Grenelle de l'Environnement, les PME vont probablement s'investir de plus en plus dans le développement durable, passant d'une phase de réflexion et de prise de conscience à une phase d'action. Si les différents leviers de progression seront nombreux pour les PME, deux semblent particulièrement importants aux yeux des dirigeants : l'influence des donneurs d'ordre (publics ou privés) à court terme et l'innovation (technologique, commerciale, organisationnelle), à long terme. C'est ainsi un enjeu considérable pour les PME, qui devront être en mesure de s'adapter à des nouvelles exigences et de faire preuve à leur tour d'innovation dans les produits et services qu'elles proposent. » (voir l'encadré 1).

Des leviers de progression pour les PME

C'est d'abord par le respect de l'environnement et, plus précisément, de la réglementation environnementale que les entreprises déclarent s'engager en faveur du développement durable ; sur ce point, elles sont en phase avec l'appellation Grenelle de l'Environnement. Elles sont aussi en phase avec une éducation à l'environnement, une formation professionnelle et des outils qui ne cessent de se développer.

Cependant, les dimensions sociales et sociétales du développement durable révèlent des liens avec des domaines d'attention qui, auparavant, paraissaient en être indépendants : attentes des clients, critères des investisseurs, santé et sécurité au travail et droit du travail, relations de voisinage et avec les collectivités territoriales, etc. Progressivement, l'ensemble de l'orientation de l'entreprise et ses valeurs sont interpellés par les enjeux liés au développement durable. L'engagement de sa direction et la cohérence de ses modes de management en deviennent les révélateurs. Les résultats sur les principaux enjeux, leur crédibilité et la façon dont l'entreprise les partage sont très attendus et finement scrutés.

Depuis 2008, la crise rappelle l'impératif économique : pour les entreprises, l'optimisation de la gestion de toutes ressources redevient un impératif de qualité totale, tandis que de nouvelles perspectives s'ouvrent pour les éco-entreprises.

Former, sensibiliser, informer

Le ministère de l'Éducation nationale encourage l'éducation à l'environnement depuis les années 1980. Beaucoup de salariés, cadres et chefs d'entreprises ont donc déjà bénéficié de cette imprégnation. Demain, leurs enfants seront, tous, sensibilisés au développement durable. Depuis 2003, leurs programmes scolaires ont tous été révisés et ils intègrent, selon les disciplines, la mise en perspective des divers enjeux d'un développement durable.

Les Chambres de commerce et d'industrie, pour leur part, accueillent 200 000 étudiants chaque année et 400 000 personnes en formation continue. Depuis plusieurs décennies, le second réseau de formation professionnelle prend en compte l'environnement dans les cursus qu'il propose. Le Centre de formation et de documentation pour l'environnement (un service de l'ACFCI) a quarante ans. La Tecomah, l'école de l'environnement et du cadre de vie, a été créée en 1963 par la Chambre de commerce et d'industrie de Paris. Elle forme un millier d'étudiants chaque année, du niveau bac-pro à celui du master. Une centaine de formations spécialisées dans les métiers de l'environnement et du développement durable sont actuellement répertoriées (http://www.cci.fr/c/document_library/get_file?uuid=78d101c5-dfd1-4de5-bd59-b7c4054fc61c&groupId=10891).

Les objectifs actuels en matière environnementale fixés par les textes européens et nationaux demandent des investissements importants en formation sur ces questions. Ils exigent une capacité, tout aussi importante, des entreprises à répondre à l'évolution des modalités de leur mise en œuvre.

C'est dans ce but que les services d'appui des chambres consulaires se sont dotés de compétences. Aujourd'hui, au sein des chambres de commerce et d'industrie, 250 conseillers sont spécialisés dans les enjeux environnementaux et du développement durable. L'Ademe a fortement encouragé et financé la montée en puissance de cette force

d'appui et, demain, les quelques milliers de conseillers auprès des entreprises devront intégrer ces aspects à leur activité actuelle.

L'environnement industriel est à la croisée de la mise en œuvre de procédés techniques à risque et d'un encadrement juridique et administratif strict. La police administrative en est assurée par les inspecteurs des établissements classés pour l'environnement (ICPE), qui dépendent du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. Avec le nouveau régime d'enregistrement, l'objectif est de rapprocher les exigences de celles imposées par la directive européenne IPPC et de permettre à un grand nombre d'entreprises d'accéder à une autorisation d'exploitation sûre pour l'environnement, dans des délais et à des coûts qui ne pénalisent pas leur compétitivité. Celles-ci pourront alors confier l'élaboration de leur dossier à un bureau d'étude spécialisé ou l'établir par leurs propres moyens en bénéficiant des conseils procéduraux de leur chambre consulaire ou de leur fédération professionnelle.

La diffusion de l'information sur le droit de l'environnement, qui est une des conditions de sa bonne mise en œuvre, est une priorité européenne. Un service de veille et d'alerte sur le droit de l'environnement a été développé depuis une vingtaine d'années (www.enviroveille.com) ; il est utilisé à la fois par les services de police administrative, par les conseillers des chambres consulaires et par les entreprises. Malgré le soutien apporté depuis le début par le ministère chargé de l'Environnement, force est de constater que cette tâche d'intérêt général est loin de disposer de moyens équivalents à ceux de son homologue britannique.

Avoir une ouverture aux enjeux d'aujourd'hui et de demain, connaître les évolutions de l'environnement législatif et les ressources disponibles, fournissent des éléments précieux pour l'exercice du métier de patron à qui incombe en définitive le rôle d'organiser l'activité de son entreprise et d'effectuer les choix et les arbitrages entre des options bien souvent mutuellement exclusives.

Optimiser

L'art managérial a dégagé des techniques et des outils pour aider à la préparation, puis à la mise en œuvre des décisions des responsables d'entreprises. Évidemment, celui-ci s'est d'abord développé à l'usage des grandes organisations. Comme pour tout art, des écoles et des modes en animent l'évolution et l'adaptation aux usages et aux choix propres à leur époque. Mais l'efficacité, en matière économique, demande que l'organisation s'étende au-delà des entités juridiques de chaque entreprise, tout au long des chaînes de valeur. Et, plus largement, elle gagne, à l'inverse des habitudes de concurrence, à être partagée au sein du tissu économique.

La normalisation, dont la généralisation dans les domaines techniques avait favorisé l'interopérabilité et la diffusion des innovations, a donc servi de modèle pour établir des standards en matière de management. D'abord nationales, ces initiatives ont constitué progressivement une nouvelle *soft law* internationale, avec les travaux de

l'International Standard Organisation. La première référence de ce nouveau type de norme est ISO-9001, orientée initialement vers l'assurance-qualité, et à présent vers le management de la qualité. Bien d'autres ont vu le jour dans de nombreux domaines : santé/sécurité au travail, environnement, énergie, etc., chacune avec éventuellement ses déclinaisons sectorielles (voir l'encadré 2).

Ce retard des entreprises françaises, qui s'aggrave au fil des ans, pose question. Il devient problématique lorsque la nouvelle approche officielle de l'Union européenne visant à mieux légiférer dans le domaine industriel et des produits se limite à définir les exigences essentielles et à renvoyer aux normes pour présomption de respect de ces exigences. Certains observateurs considèrent que la France prend ainsi un retard de compétitivité en Europe et qu'un véritable fossé s'est déjà creusé avec nos concurrents allemands.

Luc Chatel, ministre de l'Industrie, avait saisi l'enjeu lorsqu'il lança, fin 2008, le Plan qualité 2010. Malheureusement, la crise économique et la volonté de soutenir l'industrie automobile et aéronautique traversant une passe difficile focalisaient une part importante des 15 M d'euros du plan sur la seule diffusion du *Lean management* auprès des PME de ces filières. Une politique en faveur de la qualité étendue à l'ensemble du tissu industriel reste donc un impératif affirmé dans le cadre des Etats Généraux de l'Industrie convoqués par Christian Estrosi à la demande du Président de la République.

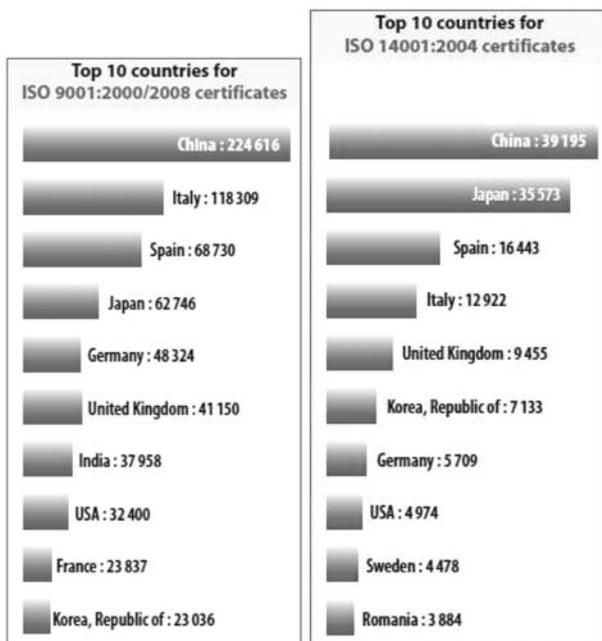
Le manque d'appétence des entreprises françaises pour la mise en œuvre de systèmes de management ne peut toutefois pas être imputé à la seule faiblesse des aides gouvernementales. Y contribuent aussi, probablement, la façon dont certains grands donneurs d'ordres ont imposé une accumulation excessive de référentiels et de contrôles, l'interprétation quasi administrative des exigences normatives par les certificateurs, l'impossibilité de ne retenir qu'une partie du référentiel, ainsi probablement que la taille particulièrement petite de la plupart des entreprises de notre pays.

Pour leur part, les Chambres de commerce et d'industrie, particulièrement sensibles aux spécificités des PME, avec l'Afnor et le soutien de l'Ademe, se sont attachées à expérimenter et à développer des dispositifs progressifs, par étape, voire visant des exigences plus réduites pour les TPE :

- ✓ « 1.2.3-Environnement », permettant d'accéder au référentiel ISO-14001 par étape : www.123environnement.fr ;
- ✓ « 1.2.3-Sécurité », qui permet la mise en place progressive d'un système de management de la santé et de la sécurité au travail conforme au référentiel ILO-OSH 2001. : http://www.cci.fr/c/document_library/get_file?uuid=84e1a04f-1ca0-4e11-b910-cf86b28e7f90&groupId=11000 ;
- ✓ « EnVol - Engagement volontaire de l'entreprise pour l'environnement » vise, quant à lui, la mise en place par les TPE d'une démarche de management environnemental sur la référence de la première étape de 1.2.3-Environnement : www.envol-entreprise.fr.

Se noue un véritable enjeu autour de ces approches, un enjeu d'ailleurs reconnu par le Grenelle de l'Environnement qui, à travers la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de pro-

Encadré 2 : Extraits de ISO survey 2008



ISO-14001, norme de management environnemental (en 2008, la France n'avait obtenu que 3 482 certifications). EMAS, le système de management et d'audit environnemental défini par un règlement européen et fondé sur ISO-14001 vient de faire l'objet d'une révision (en 2009), avec le soutien de la France. Il fait apparaître un retard encore plus grand des entreprises françaises au sein de l'Union européenne (le tableau étant en outre erroné : ce sont en fait 17 entreprises qui sont enregistrées EMAS en France), alors même que la Chine, par le biais de ses ambassades, montre un intérêt pour ce dispositif.

Total number of records		
Country	Number of sites	Number of organisations
Austria	616	250
Belgium	430	51
Bulgaria		0
Cyprus	5	5
Czech Republic	52	26
Denmark	248	91
Estonia	5	3
Finland	24	22
France	35	35
Germany	1895	1404
Greece	819	67
Hungary	24	21
Ireland	16	8
Italy	1460	1035
Latvia	7	5
Lithuania		0
Luxembourg	4	2
Malta	1	1
Netherlands	6	6
Poland	30	20
Portugal	83	75
Romania	6	4
Slovakia	6	5
Slovenia	7	3
Spain	1534	1224
Sweden	76	75
United Kingdom	326	59
Norway	24	24

Total des enregistrements EMAS
(août 2010)

grammation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement prévoit dans son article 53 : « L'Etat appuiera la création, pour les entreprises de toute taille, de labels attestant la qualité de leur gestion dans les domaines environnementaux et sociaux et leur contribution à la protection de l'environnement, et la mise en place d'un mécanisme d'accréditation des organismes certificateurs indépendants chargés de les attribuer. Il soutiendra de la façon la plus appropriée, y compris fiscale, les petites et moyennes entreprises qui s'engageront dans la voie de la certification environnementale ».

Le succès de la marque Imprim'Vert (www.imprimvert.fr), qui couvre aujourd'hui 80 % du chiffre d'affaires de l'imprimerie en France, montre la voie. Il invite notamment à ne pas séparer le management environnemental du management tout court. Vrai dans toute organisation, mais *a fortiori* dans une PME : il ne peut y avoir qu'un seul système de management. Cela devient l'évidence quand celui-ci contribue à l'identification des choix stratégiques, comme ceux qui s'inspirent du référentiel européen EFQM (www.efqm.org) ou ceux qui dérivent d'une transcription de la norme ISO-26000 (www.iso.org/sr) et même, déjà, avec le règlement EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*). Du reste, ceux-ci sont explicites : ils invitent à rechercher les adaptations permettant d'en favoriser l'appropriation par les PME, qui soit adaptée aux filières d'activité et aux divers territoires.

Renforcer l'efficacité des PME au service du développement durable, c'est renforcer leur compétitivité

Avant de capter des énergies renouvelables pour chauffer une maison, il convient tout d'abord de réduire ses besoins de chauffage : l'énergie la moins chère et la moins polluante est, en effet, celle que l'on ne consomme pas. Et avant de projeter des maisons très isolées, il faut éviter les gaspillages de ressources dus à des défauts de qualité. L'Agence qualité construction nous le rappelle : « Chaque année, la non-qualité dans le bâtiment coûte environ 10 % du chiffre d'affaires du secteur de la construction. En 2009, ce sont donc plus de 11 milliards d'euros consacrés aux désordres et autres malfaçons – soit autant de ressources en moins pour le logement ou la mise en œuvre des objectifs de développement durable ».

Une coordination de l'ensemble des interventions nécessaires à la réalisation d'un bien ou d'un service, une conception qui prenne en compte la vie du produit du berceau à la tombe sont autant d'économies de ressources naturelles, de pollutions, de risques pour le travailleur et le client, de ressources humaines. C'est ce à quoi un nombre croissant de PME est sensible ».

C'est sur leur sollicitation que, dès 2008, le thème de l'efficacité énergétique était retenu pour le congrès Développement durable des CCI, à Bruxelles, le 1^{er} juin 2010 : http://www.cci.fr/web/developpement-durable/actualite/-/journal_content/56_INSTANCE_rBb1/11000/226889/178198. Dans le même temps, avec le soutien de l'Ademe et des

conseils régionaux, ce sont plusieurs milliers de responsables de PME qui participent à des actions collectives. Elles ouvrent la voie à la mise au point de pré-diagnostic et d'outils de conseil en ligne ciblant d'éventuelles actions plus approfondies avec des cabinets spécialisés permettant autant de réductions d'émissions d'effluents polluants et de gaz à effet de serre. Les objectifs du Grenelle de l'Environnement demanderont une mobilisation accrue des réseaux au contact des PME.

Ce qui est vrai de l'énergie l'est tout autant des divers matériaux et ressources naturelles mises en œuvre, et ce qui vaut pour les émissions de GES vaut pour chacune des atteintes à l'environnement. L'éco-conception est la méthode développée pour donner de l'efficacité à l'objectif environnemental dans la production industrielle. Mais la mobilisation des analyses de cycle de vie est souvent un investissement trop lourd pour des PME. A leur intention, *BtoGreen* est une expérience ludique et conviviale d'apprentissage et de sensibilisation aux stratégies d'éco-innovation : www.btogreen.fr.

On l'aura compris, le développement durable ne laissera aucun secteur d'activité en-dehors de son champ d'influence. La consolidation des emplois de bien des entreprises exige de renforcer leur compétitivité en les aidant à intégrer les exigences nouvelles. C'est alors que les filières vertes pourront générer une réelle croissance.

Eco-entreprises et croissance verte

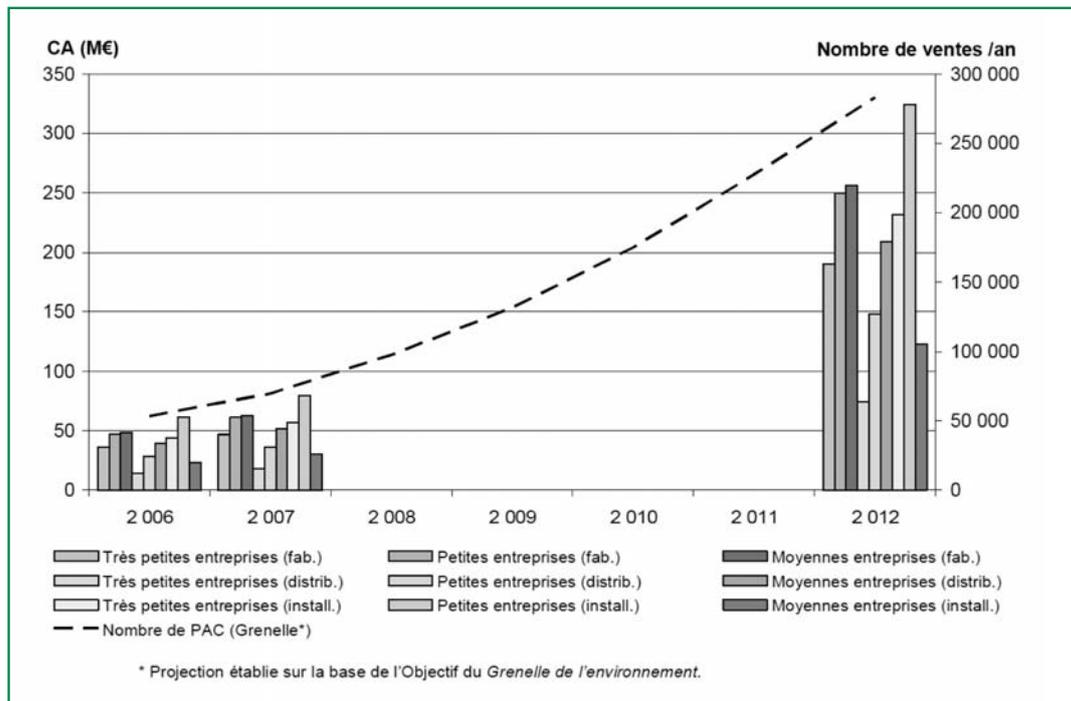
En 2008, l'ACFCI confiait à In Numeri une étude pour identifier les potentiels de croissance verte pour les PME (consultable à ce lien : http://www.eco-entreprises.fr/index.php/eco_entreprises_fr/content/download/427/2208/version/3/file/AFCFCI_2008_ecoactivites_pme.pdf).

La production, le montage et l'installation des pompes à chaleur géothermales dans le bâtiment étaient identifiés comme l'une de ces filières. Les projections étaient celles du graphique ci-après.

Les incitations fiscales mises en place dès 2008 ont en fait dopé les pompes à chaleur (PAC) air/air (principalement efficaces pour le rafraîchissement estival) au détriment des PAC géothermales, jusqu'à ce que de plus récentes loi de finances ne soient venues « rectifier le tir ».

Les nouvelles éco-activités dépendent fortement des dispositifs publics de soutien, jusqu'à la volatilité. Celles qui sont matures, notamment la collecte et le traitement des déchets ou la collecte et le traitement des eaux usées, sont depuis longtemps régies par un cadre réglementaire, institutionnel et financier stable et prévisible. Certaines des entreprises qui s'y sont spécialisées, sont devenues des groupes internationaux reconnus. Le chemin qui les a conduites à cette situation enviable, devra également être tracé et parcouru par les nouvelles activités « vertes ».

Des instances comme le Comité stratégique des éco-industries (Cosei) ou le Plan de mobilisation des filières et des territoires pour les métiers de la croissance verte réunissent les divers acteurs afin de lever les freins et de créer des synergies efficaces.



Graphique 1 : Evolution potentielle du chiffre d'affaires des activités liées aux pompes à chaleur domestiques.

Nommer ces activités, définir leur périmètre, évaluer leur potentiel, les aider à décoller, à se structurer, à se spécialiser, à exporter est l'œuvre d'une multitude d'acteurs. L'ACFCI, à partir d'une nomenclature issue des travaux de l'OCDE, a mis au point une base donnée qui est alimentée par les CCI. Aujourd'hui, plus de 11 000 éco-entreprises y sont répertoriées, et cela leur permet de bénéficier d'une visibilité accrue.

Mobiliser les facteurs de croissance en vue d'un développement durable

Nombre de pôles de compétitivité intègrent des problématiques liées au développement durable. Les CCI favorisent l'implication des PME susceptibles de valoriser et de diffuser les innovations. Dans ce domaine, elles disposent d'un indéniable savoir-faire, qu'elles mettent au service de la constitution de grappes d'entreprises et de pépinières d'éco-entreprises (comme celle d'Abbeville (http://www.littoral-normand-picard.cci.fr/fichiers/pdf/190%3Cfont_class=orange10%3E%3Cb%3Epepiniere_entreprises_energies_renouvelables%3Cb%3E%3Cfont%3E.pdf) ou dans la Drôme (www.inedra.org).

Il en va dans le domaine des éco-activités comme dans les autres : les PME s'épanouissent dans un tissu interstitiel et relationnel, qui doit leur apporter non seulement les commandes dont elles vivent, mais aussi un ensemble d'informations et de facilitations indispensables.

Les syndicats patronaux, les fédérations professionnelles, les organismes de formation, les associations spé-

cialisées, les services économiques de l'Etat et des collectivités territoriales sont autant d'éléments actifs auprès des entreprises. Parmi eux, les chambres consulaires ont un rôle éminent, dont l'efficacité devrait gagner avec la réforme de 2010. Les mobiliser au service du développement durable devrait être un objectif de la stratégie nationale de développement durable. Le Parlement a reconnu leur rôle en leur ouvrant une place au Comité national de Développement durable et de suivi du Grenelle de l'Environnement. Un compte rendu annuel de leur action dans ce domaine ne pourrait-il pas être intégré à celui que le Gouvernement devra faire auprès du Parlement ? Des instruments et des moyens opérationnels ne devraient-ils pas être consacrés à cette mobilisation ?

Un autre facteur, déterminant, du développement des PME vers un développement durable est celui de la commande : commande publique, commande des grands donneurs d'ordres. Leurs exigences en matière de qualité de la relation client-fournisseur (http://www.cci.fr/c/document_library/get_file?uuid=2de5d138-d598-445c-b43e-3be15dfd32d7&groupid=11000) sont le gage d'une diffusion des objectifs fixés par la législation européenne et nationale, ainsi que de pratiques managériales qu'il convient d'encourager, telles que celles du règlement EMAS ou de la norme ISO-26000.

Note

* Directeur Environnement et développement durable ACFCI.

Key Elements for Economy-wide Sustainable Resource Management (1)

It is getting tighter on our globe. A growing world population is getting richer and demands more and more products which require natural resources and create various environmental impacts from mining to final waste disposal. The competition on rarer metals let some countries prohibit exports containing such raw materials. The rising demand for food and non-food biomass, such as feed-stocks for biofuels, and harvests fluctuating severely, due to more frequent weather extremes, triggered land grabbing in foreign countries, particularly in developing regions. Without mechanisms moderating resource consumption, abiotic and biotic resources will be depleted, mining and refining will devastate and pollute more and more places in remote areas, agriculture will expand into the remaining natural forests, and conflicts about land use and clean water will increase.

By Stefan BRINGEZU*

The growing demand for natural resources leads to price fluctuations and interim shortages of supply. Higher food prices affect households and metal manufacturing is faced with more and more volatile markets.

One key strategy is resource efficiency, ie. to make more out of less, to generate more wealth and well-being with less input of natural resources. For industry, higher material and energy efficiency is a chance to reduce costs and enhance competitiveness. The search for eco-efficient technologies is thought to trigger innovation. Unsecurity of foreign supply may be reduced by mitigating material losses in the production and use chain.

A growing number of countries have already defined targets to increase resource productivity of their economy. The European Commission is developing a road map to increase resource efficiency EU wide, and various member countries like Germany have established first institutions and instruments to foster material and energy efficiency in companies and households.

National governments together with industry and societal groups are challenged to develop programmes for economy-wide sustainable resource management. This is requested by the Thematic Strategy for the Sustainable Use of Natural Resources (CEC 2005). As European countries are increasingly sourcing from other world regions, such programmes need to consider the use of both domestic and imported resources and their environmental and socio-economic implications. Designing a robust and effective policy framework for sustainable use of natural resources also requires knowledge on the long-term dynamics of the socio-industrial metabolism and the key strategies, technologies and institutions to develop the physical basis of the economy sustainably.

Resource management at different scales

Local resource management

Managing a farm field, a forest or a fishing ground in a way to gain a reasonable harvest while minimizing economic and environmental costs has been the oldest form of resource management. The idea of sustainability was actually created at the beginning of the 18th century from the need to generate a more continuous long-term income from the use of forests which had been largely depleted in Germany. Nowadays, guidelines of good agricultural and forestry practise advise farmers and foresters on how to keep up soil fertility, minimize erosion and nutrient losses, etc. Nevertheless, worldwide, the extension of degraded land is growing, and the growing consumption of food and non-food biomass is supplied by a more and more intensified industrial-type agriculture which is challenged to find the proper balance between increased yields and environmental side-effects.

Product chain management

Manufacturers and final consumers become increasingly aware of their responsibility and market power. Demand for products which are produced in an environmentally and socially responsible manner is growing. As a consequence product labelling and certification plays a relevant role in informing industry and households also on the conditions of cultivation and harvest in the fields and forests where the raw materials and final products stem from. However, labelling and certification is usually applied only for selected market segments. Moreover, it cannot control the overall demand of products and the resulting global resource consumption.

River basin management

Communities and states living along the course of rivers have learned since centuries that up-stream actors have to consider the effects of their activities downstream, and downstream actors have developed the interest to cooperate, but also become less dependant from up-stream pressures. The EU Water Framework Directive is a supreme example, how the water quality of water bodies within a river basin can be improved through the consistent involvement of various relevant actors like farmers, companies, fresh water suppliers and waste water utilities. Nevertheless, although cross-sectorally designed, the approach does not affect the waste flows to deposits or the atmosphere, nor the consumption of products and related trade flows to regions outside the river basin.

Regional and national land use planning

Land use planning has been developed in civilized societies since long in order to minimize internal land use conflicts. A prime function from its very beginning was to secure the supply with domestic resources, mapping the farm and forest area, and channeling the growth of urban areas to land where no geological deposits have been located. In recent times land use planning plays an important role in mapping the areas for nature conservation, and land management within Europe has been rather successful to maintain species rich forests and wetlands. However, regional, national and EU land use planning has had no influence on the consumption of products and related resource requirements drawn from within or from outside Europe.

Economy-wide sustainable resource management

At the national and European level, programmes for sustainable resource management need to be developed which act economy-wide, and:

- ✓ integrate climate and resource conservation, and supply security,
- ✓ consider biomass and mineral use for all purposes,
- ✓ build the bridge between economy and ecology,
- ✓ use comprehensive indicators and targets for long-term orientation,
- ✓ account for domestic and foreign resource use (materials, land),
- ✓ minimize problem shifting (between regions, different pressures, or over time).

Trends of global resource use

There are «Three Big» environmental pressures worldwide which are going to increase:

- ✓ the emissions of green house gases inducing climate change,

- ✓ the extraction of abiotic resources leading to landscape change and ending up in waste disposal,
- ✓ the change of land use, in particular expansion of built-up and agricultural land at the expense of natural ecosystems.

Land use change, mineral extraction and GHG emissions are interconnected and also linked with other environmental pressures like water consumption and pollution which vary within regional contexts.

Whereas the climate issue has been well described and is widely acknowledged (IPCC 2007), the relevance of resource extraction and land use change has received less attention so far.

The extraction and harvest of abiotic and biotic resources is expected to nearly double between 2000 and 2030 under business-as-usual conditions, from 52 billion tonnes to over 100 billion tonnes (FoEE 2009) (2). This comprises the used extraction of fossil fuels, metals, minerals and biomass, but does not entail the unused extraction. The latter constitutes, for example, the earth excavation for infrastructures, extraction waste of mining and quarrying and the erosion linked to agriculture. The unused extraction adds double to triple amount to the used extraction. The extraction and refining waste is particularly high for metals. Because the concentration of metals in ores is declining in many cases, the consequence will be growing amounts of primary extraction, higher volumes of mining waste, water discharge and landscape change (see e.g. Mudd 2007, Norgate 2010).

The total material requirement (TMR) is an indicator measuring the domestic and foreign resource extraction, which is directly and indirectly linked to all production and consumption activities of a country. The TMR of the EU has been increasing in between 2000 and 2007, from 43 to 46 tonnes per capita. Whereas the domestic extraction and harvest remained rather constant, the resource requirements of the imports increased, even to a higher level than those of the exports (Figure 1).

Fossil fuel and mineral resources made up the highest portion of the domestic TMR, whereas metal resources dominated the resource requirements of imports and exports (Figure 2).

Global land use change is characterized by two key developments: the expansion of built-up land and the extension of agriculture land, both at the expense of shrinking forests worldwide.

In 2005, the «built environment» was accounted for with 306 Mha worldwide. Without policy intervention it is expected to grow by up to nearly 250 Mha (or 81%) by 2050 (Electris et al. 2009). According to Seto et al. (2010) urban area alone might expand altogether between 40 and 143 Mha from 2007 to 2050. Holmgren (2006) assumes that 80% of urban expansion occurs on agricultural land.

Whereas forest area in Europe is even growing slightly, forests in particular in tropical regions are increasingly being degraded and deforested. This is not only a result of growing demand for forestry products, but also a

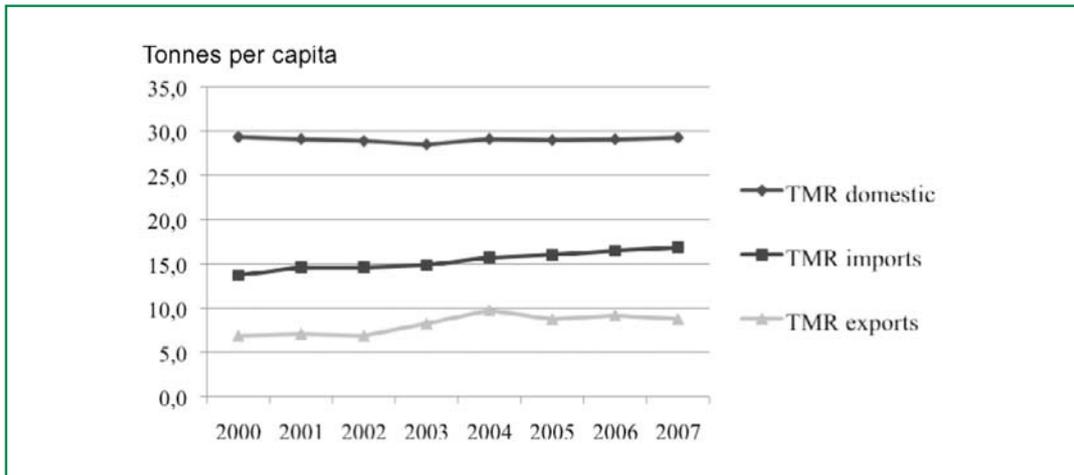


Figure 1: Total material requirement (TMR) of the European Union (EU27) from domestic sources, and TMR of imports and exports.

Source: data base of the Wuppertal Institute, compilation by H. Schütz

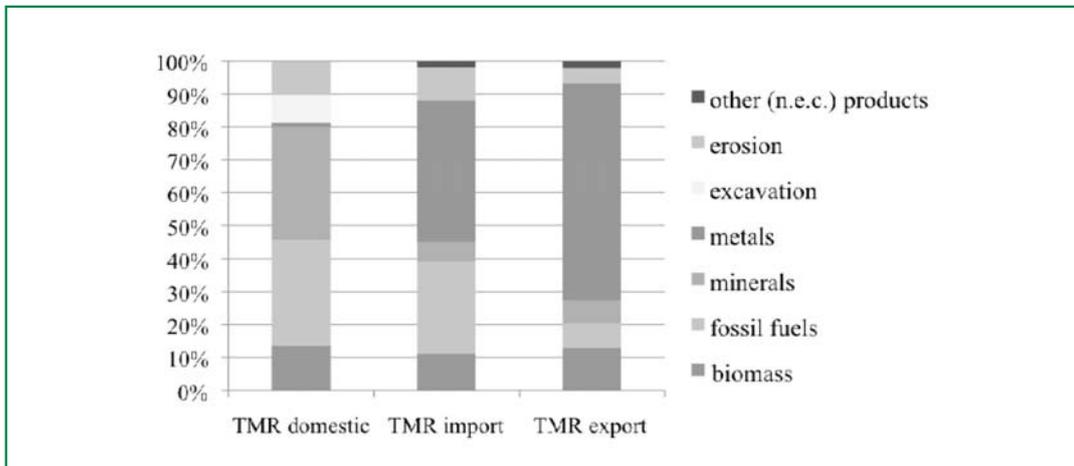


Figure 2 : Composition of the EU's TMR in 2005.

Source: data base of the Wuppertal Institute, compilation by H. Schütz.

consequence of growing demand for agricultural commodities.

Until 2030, global cropland will probably be expanded only to feed a growing world population with changing diet pattern (Bringezu et al. 2009a). Any prognosis towards this end is based on rather uncertain development of agricultural yield increases. If one assumes a rather conservative global average increase of about 1% p.a., this equals about the rate of population growth. At the same time, however, developing countries will significantly increase their consumption of protein rich food, ie meat and dairy products. And in order to feed the required animals, more cropland will be needed. Global cropland may then be expanded by 10-20% from 2004 to 2030, ie between about 150 to 300 million hectare.

Any additional demand for non-food biomass from agriculture will add to the pressure on the expansion of

cropland into grasslands, savannahs and forests. Associated with this development will be a loss of biodiversity and most probably increasing GHG emissions, which in the case of 1st generation biofuels may even render any mitigation effect negative for the coming decades (Bringezu et al. 2009a, Ravindranath et al. 2009).

Global land use accounts (GLUA) measure the global land use of equivalent land use categories associated with the domestic consumption of goods and services (Bringezu et al. 2009b, 2009c). $GLU_{agriculture}$ accounts for the global land use for domestic consumption of agricultural goods, for food, materials and energy. Analogously, $GLU_{cropland}$ and GLU_{forest} can be determined. In each case, imports and exports are calculated based on real land use for the production of their feed-stocks.

$GLU_{agriculture}$ is about 30 mill. ha larger than the domestic agricultural area of the EU27, clearly indicating that the EU

is a net importer of land (Figure 3). While the domestically used agricultural land is slightly declining, the land used in foreign countries has been growing.

As mentioned before, the expansion of global cropland is a key driver for the loss of biodiversity (MEA 2005). GLU_{cropland} of the EU27 for the overall consumption of agricultural goods was 0.31 ha per capita. This is one third more than the globally available cropland per capita of the world population. Starting from today's roughly 0.24 ha per capita cropland for the world population, the trend may lead to only 0.21 ha per capita in 2030 (van Vuuren and Faber 2009, trend scenario).

Following a strategy which aims at halting biodiversity loss due to land use changes and calls for ending expansion of agricultural land from 2020 (van Vuuren and Faber 2009, challenge scenario), one would arrive at 0.19 ha cropland per capita in 2030. In any case, the current EU consumption of about 0.31 ha per capita would clearly exceed the globally available cropland for each world citizen. Even a further yield increase of 1% p.a. on average would not suffice to keep EU's consumption below global mean use of cropland. A further increase of non-food biomass demand, for instance for biofuels or biomaterials would increase the disparity of EU's demand and global availability and probably lead to increased pressure on land use change, in particular in tropical regions.

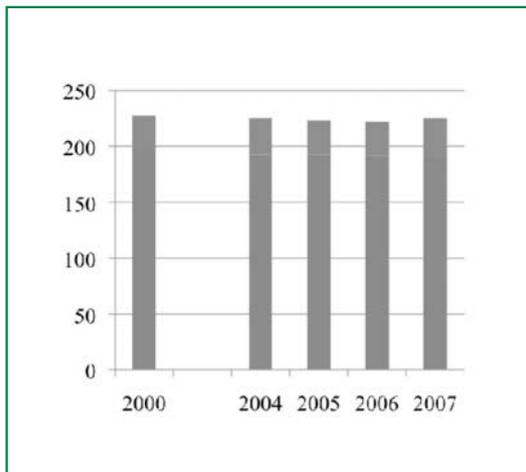


Figure 3 : Global land use for domestic consumption of agricultural goods of EU-27 (in mill. ha).

Source: data base of the Wuppertal Institute, compilation by H. Schütz.

Long-term dynamics and future options of the socio-industrial metabolism

In ancient history, humans started to use biomass for food, material and heating. They «roomed» away forest spots for living space and timber. Wooden biomass was the main energy source also during bronze and iron era and medieval times which lead to largely cleared forests in the middle mountains of Western Europe. Discovery of coal and

the steam engine allowed forests to recover; however, it was the starting point of a larger-scale side effect in the form of climate change. Nowadays, humankind is at least partly returning to ancient ways of supply by large-scale forest clearings, particular in the tropics, and the use of biomass for fuel purposes.

In future, carbon feed-stocks and all other resources will need to be used much more efficiently within production and consumption. After use, the carbon containing organic waste should not only be treated for energy recovery, for instance by incineration, with the consequence of carbon being emitted as carbon dioxide. Instead, technologies should be further developed to recycle the carbon for use as material feed-stock (CCR – carbon capture and re-use). Keeping the carbon in a chemically reduced form will require energy which should then be delivered from renewable sources. In the longer term, solar and wind energy may not only be used to drive carbon (and other materials') recycling, but also to capture carbon dioxide from ambient air, which would allow to reverse climate change to a certain degree and provide a full carbon cycle as a basis for a variety of structural and auxiliary non-food materials.

When developing the physical basis of society and economy towards sustainability, not only carbon flows need to be considered but the whole socio-industrial metabolism, ie the extraction, use, recycling and final disposal of all material resources. Fig. 4 shows the metabolism of the EU with flows measured as tonnes per capita for the reference year 2000 (water use is excluded, which would be an order of magnitude bigger and needs to be dealt with separately). In 2000, the abiotic resources dominate the metabolism, and a significant share of resources is used in other regions for the supply of the imports of the EU (which are used for domestic consumption and production of exports).

In order to outline how that metabolism may develop in future under sustainability conditions, the following aspects should be considered (details are given in Bringezu 2009):

- ✓ The net addition to stock (NAS), measuring the amount of buildings and infrastructures added each year to the existing ones, must become zero. Otherwise, the EU would become totally covered by buildings, roads etc., which would compromise the supply from agriculture and forestry. Zero NAS means that there will be a dynamic equilibrium between the construction of new houses and roads and the deconstruction of old ones.
- ✓ Domestic biomass harvest from agriculture and forestry may probably be kept constant or increased by up to 25% under conditions of sustainable cultivation, in particular by mobilising unused potentials from forestry. Imported biomass should be reduced with regard to a balanced global land use (see below).
- ✓ The use of abiotic resources (naturally non-renewable) should be significantly reduced in order to mitigate the domestic and foreign environmental pressure of resource extraction and waste disposal, and to contribute to a more equitable pattern of global resource consumption. The indicative target of 80% reduction had been derived

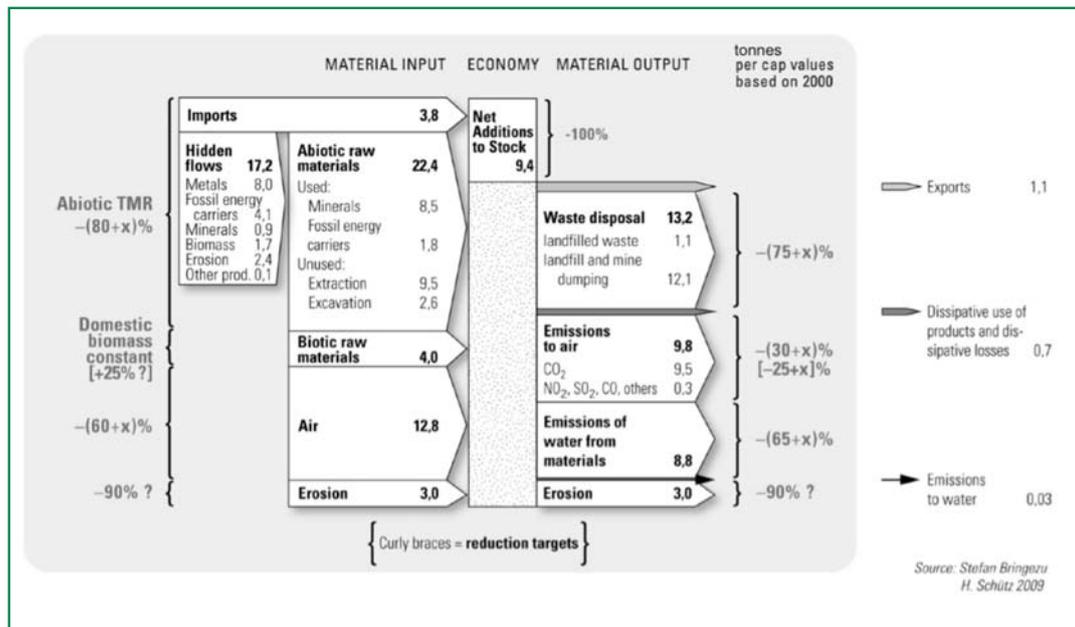


Figure 4: The socio-industrial metabolism of the EU in 2000 and target values for long-term development (Bringezu 2009).

from the assumption that global abiotic resource extraction should be halved and equally used by 9 billion people in 2050, and that the TMR would be developed in constant relation to TMC (political targets for absolute resource consumption should be based on TMC rather than TMR which should be used in relation to GDP, see below). Recent data, however, indicate that since 2000 global extraction has grown further, and moreover, also less developed countries which still need to develop their infrastructures are already above 6 t/cap TMC_{abiot}. Therefore, it seems more realistic to pursue a global target of returning to global abiotic resource extraction as of year 2000 and use this for 9 billion persons (see below).

- ✓ Erosion on agriculture fields within the EU should be reduced by a factor of 10 in order to approach the level of soil regeneration, although the data indicate large variation between member states and crops, and data availability also needs improvement.
- ✓ Fossil fuel use for combustion needs to be phased out. In Fig 4 a 90% reduction has been included in the target values implying the same reduction of fossil based carbon dioxide emissions. Total carbon dioxide emissions, however, will be reduced only by one quarter to one third, as the remaining input from carbon from biomass will be oxidised and emitted from respiration, fermentation or incineration under conditions of a dynamic flow equilibrium.

Policy challenges

There are some cross-resources strategies on the one hand, and some theme and resource specific challenges on

the other hand, both of which requiring cross-sectoral action between different policy departments.

Cross-resources policy tasks

Monitoring and control of the Big Three global environmental pressures is key to progress on sustainable resource management on the national and European level. Indicators should measure national and EU consumption of global resources (Figure 5).

Consumption based accounting refers to domestic production plus imports minus exports of products and services, according to conventions of economic statistics. The environmental pressures linked to these product flows, either emission or resource or land use oriented can be quantified.

The measurement of global warming potential is meanwhile rather well established at the national scale. Both territorial accounting is practised as well as consumption orientated accounting (3), as trade and transport extend the carbon dioxide responsibility of countries (Peters et al. 2009).

Total Material Consumption (TMC) is the most comprehensive indicator measuring the use of primary material extraction for domestic final consumption. It comprises domestic extraction and harvest plus imports including their indirect resource requirements and minus exports and their indirect resource requirements. In other words TMC results from TMR_{domestic} plus TMR_{imports} minus TMR_{exports} (see Fig. 1).

Like TMR, TMC includes fossil fuel, metal, other mineral and biomass resources and accounts for both used and unused extraction (Fig. 2). It is part of the MFA

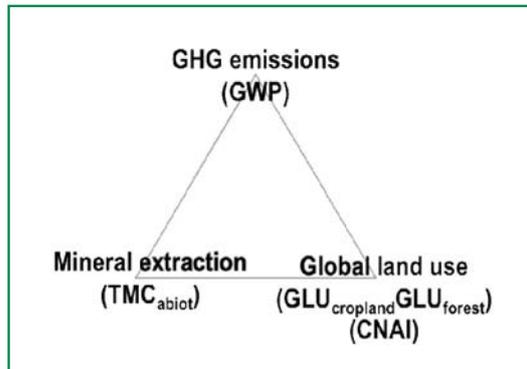


Figure 5: The «Big Three» global environmental pressures and related indicators.

methodology described by Eurostat (2001) and OECD (2008), and has been addressed as «best needed» indicator for material resource consumption (Eurostat 2007, ETC/SCP 2010). The interpretation in terms of environmental pressure is similar to primary energy requirements in a sense that it relates to the impact potential associated with the mass turnover of primary materials, ie. the magnitude of flows between nature and the human sphere (Bringezu et al. 2003).

TMC comprises biotic and abiotic resources and may be used as such. In case, separate headline indicators and targets are available also for global land use related to biomass harvest, it may be advisable to concentrate on the abiotic part of TMC, ie TMC_{abiot} .

Besides $GLU_{cropland}$ also $GLU_{agriculture}$ and $GLU_{forestry}$ should be monitored. When it comes to target setting, a focus may be lead on $GLU_{cropland}$ for considering the key agricultural land use issue. With regard to the use of global forest land one has to consider the varying productivity of forests in the different world regions. For instance, whereas Switzerland consumes forest based products which require less than per capita world average of forest land, the picture changes when the consumption of forest growth is measured. The consumption of the net annual increment (CNAI) seems an appropriate indicator for global comparison. Available data indicate that in 2006 Switzerland consumed more NAI per capita than was regrowing worldwide (Zah et al. 2010). As business-as-usual will lead to growing demand of forest based products and growing imports, the disparity will probably increase. The situation of Switzerland may be regarded as quite similar to large forest rich EU member states like Germany.

Policies for economy-wide sustainable resource management should develop long-term targets for the consumption of global key resources. For that purpose, (1) a global target needs to be determined, which is then (2) attributed to countries and regions. Regarding global green house gas emissions, in line with the UN International Panel on Climate Change (IPCC), the European Council has agreed to the objective to reduce GHG emissions of industrialised

countries by 80-95% in 2050 compared to 1990, and global emissions will need to be reduced by at least 50% compared to 1990 (4). The EU and its member states have been working towards this end, and formulated interim targets in the «20-20-20 climate and energy package» for 2020 (5).

Policy targets for global land use and mineral resource extraction still need to be developed.

For developing a target for global sustainable resource use, either biomass and land or minerals, the concept of safe operating space as formulated by Rockström et al. (2009) can be further elaborated. They have suggested a global target for expansion of cropland; however, as Rockström et al. obviously did not consider the expansion of built-up land, those figures should be revisited. Instead, the target suggested by van Vuuren and Faber (2009), to halt the loss of biodiversity through the expansion of agricultural land after 2020 should be considered as reference, and the expansion of cropland should be limited accordingly. Based on available data, a long-term target could be around 0.2 ha/cap global cropland use.

With regard to the extraction of mineral resources, it is more difficult to determine a global target of sustainable use. Those resources cannot be regenerated by and within the speed of natural processes. While mining and refining tend to extract these non-regrowing resources with increasing efficiency, near surface deposits become more and more depleted, ore concentrations decline or deeper depths need to be explored, which tends to lead towards higher energy, water and waste intensity (Norgate 2010, McLean et al. 2010). The impacts are local to regional, albeit ubiquitous, and there will probably be no tipping point of global extraction which can be determined to lead to forecastable consequences. Instead, these flows contribute to a continuous, and currently growing rate of a changing environment. The extraction volume of minerals determines the scope of landscape change and, in addition, determines the overall generation of waste disposal along the production and consumption chain, from mining to final waste deposition. If a global target aims to return to extraction levels of the year 2000 globally, and use these resources equally amongst 9 billion people around 2050, then the reference level could be around 10 t/cap TMC_{abiot} (in 2000, the EU-15 consumed 33 t/cap TMC_{abiot}). (6)

Resource specific challenges

Biomass and land use

The key challenge here is to halt the loss of global biodiversity, and thus the expansion of global cropland as important driver of that loss. For that purpose, two complementary strategies need to be pursued:

- a) fostering the sustainable cultivation of each hectare through standards of good agricultural practise;
- b) controlling the demand for the number of hectares not to surpass levels which cannot be supplied sustainably.

For (a), agricultural policies need to be complemented by product policies; certification of biomass based products

(food and non-food) can help to ensure that the required feed-stocks are derived from sustainable cultivation.

For (b), a comprehensive biomass strategy needs to be developed which considers the use for food, materials and energy, and the land altogether needed for the provision of feed-stocks for domestic consumption both in foreign countries and domestically. If GLUA reference indicators show an undue use of global cropland, then policies influencing demand for biomass based products need to be adjusted; in the case of the EU, that could mean to revisit the targets for biofuel quota again and to check biomaterials and timber product enhancement programmes not to widen the disparity between sustainable supply and growing demand.

Metals

The key challenge for metals is to foster recycling also beyond country borders and enhance a more efficient use along the production chain. Europe drains metals with export of new products and end-of-life products and waste like scrap cars, while the supply of metals is largely based on ores and concentrates imported from outside (for structure metals like steel and auxiliary metals like platinum group metals). Highlevel recycling needs to build up within Europe and beyond, and producer responsibility should be fostered to establish also collection and recovery systems abroad, in cooperation also with developing countries such as in Africa.

Construction minerals

Construction minerals are mainly sourced from within Europe. The key challenge here is to enhance efficient use in production and consumption which could be facilitated by a balanced combination of:

- ✓ increased pricing of raw material extractions, e.g. by an aggregated tax,
- ✓ education and training of engineers and architects as well as R&D on dematerialized construction,
- ✓ demonstration projects, eg. public buildings, to show how material and energy efficiency can be combined.

Certainly, there are other challenges as well, however, those roughly outlined here seem to be paramount when trying to moderate the magnitude of resource flows towards more sustainable levels.

Key strategies

There are four key strategies which may be deemed essential for implementing an economy-wide sustainable resource management (SRM) (7):

Resource efficient and recycling based industry

The search for a smart combination of dematerialization and rematerialization will drive innovation. Resource light product design is an essential prerequisite to reach factor 4 to 10 resource savings and to combine both resource and climate protection with cost savings in manufacturing. Product-service systems will help to orientate production towards consumers needs while offering functions rather

than hardware. The multitude of anorganic elements used in the era of rare metals may on the long run be superseded by a limited number of structure building organic elements, in particular carbon as basis for chemicals and materials with multiple properties. Carbon recycling will then regenerate feed-stocks from organic waste, in the long-run by means of renewable energies. The stocks of materials in buildings and infrastructures as well as long-lived products will be the mines of the future («urban mining»).

The steady stocks society

The maturation of the socio-industrial metabolism will lead to a dynamic flow equilibrium between inflows and outflows of the materials stocked in buildings and infrastructures. Construction of new houses and roads will be associated with deconstruction of old ones, either at the same or other places. Recycling will be the dominant source of material input, in contrast to the current phase of physical growth. In Western Europe, the leveling off of the increase in living space and road length per capita indicates that that stadium may not be so far ahead as it might be in Eastern Europe and the developing world. Investment patterns will have to shift from new additional buildings to maintenance, refurbishment and quality up-grade of existing ones.

Solarized infrastructures

The surface of buildings and infrastructures still remains a largely unused resource of energy supply. Roofs, facades, and windows, but also side walls of highways and traintracks, even the roads and tracks, may be equipped with either solar thermal or solar power generating functions. Integrating these functions will save land and improve energy security. In developing these technologies further it seems important to (a) avoid the use of hazardous substances (like Cd in photovoltaics) which may be dispersed later by improper waste disposal, in particular in developing countries; and (b) to minimize the resource requirements (TMR), and pressures such as GHG emissions per unit of energy supplied and per hectare.

Balanced bioeconomy and bioniconomy

The reduction of mineral resource use can lead to a relative increase of biomass input, which in itself should not increase significantly due to limited land resources. In devising policies for efficient use of biomass, priority should be given to food production, and the non-food use should prefer material purposes against energy which might better be recovered at the end of a cascade. Carbon recycling technologies should be further developed to use organic waste for the regeneration of material feed-stocks such as polymers. In the long run, the absorption and use of atmospheric carbon dioxide by means of renewable energies will provide the basis for a «bioniconomy» which uses bionic principles from nature. *Industrial photosynthesis*

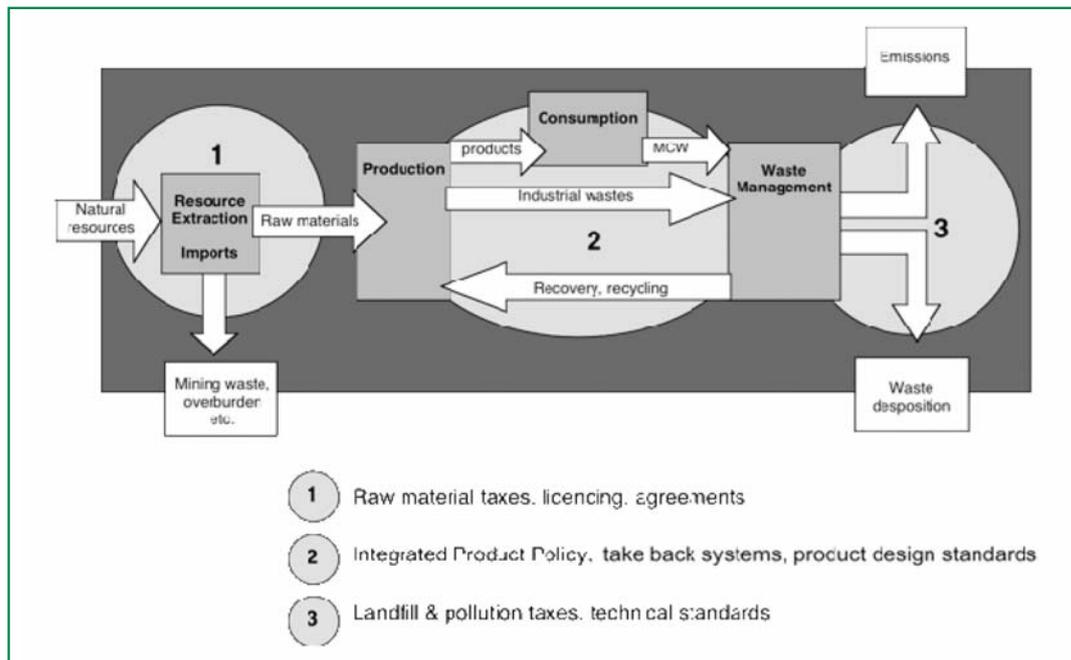


Figure 6: Target areas of material flow based policies for economy-wide sustainable resource management (Bringezu 2002).

will then allow to regenerate the material basis of the economy, largely based on carbon (hydrocarbons, carbohydrates, graphen etc.).

Policy development and outlook

When designing policies for sustaining the physical basis of economy, substance specific measures should be limited to the control of hazardous substances, as is already established by instruments such as REACH and the RoHS directive. Complementary to that, in order to develop the structure and volume of the socio-industrial metabolism towards sustainability, measures should be deployed to address *whole resource and product groups* and sectors (as outlined above under resource specific challenges). This will allow to:

- ✓ avoid problem shifting by too detailed regulation;
- ✓ provide long-term orientation and set incentive frame for engineers/consumers to find appropriate solutions;
- ✓ keep governance manageable;
- ✓ guide («edit») industry/households towards resource light demand;
- ✓ buffer the re-bound by controlling overall resource use;
- ✓ cap resource use (and thus related impacts) instead of final demand of products and services (and thus well-being).

Material flow based policies may target various sections of the production-consumption chain in a balanced manner, in order to provide synergies and avoid leakages (Fig. 6). Traditionally, environmental policies started from the back end of that chain, ensuring safe waste disposal, then proceeded towards recycling and integrated

product policy. More and more also the inflows of primary raw materials are gaining attention, as economic instruments using market mechanisms may foster incentives for a more efficient use of these resources, including recycling.

The transition towards an economy-wide sustainable resource management will depend on the successful establishment of institutions in order to engage and enable the actors in industry and society (8):

- ✓ discussion and agreement is needed on long-term goals, objectives and targets;
- ✓ indicator based information on current performance, business-as-usual outcomes and alternative scenarios is required at various levels of decision making;
- ✓ economic incentives should motivate the market actors to develop eco-innovations for resource efficient products and services;
- ✓ experiments and societal learning should be fostered, including the analysis of experiences from different countries by international comparison of sustainable resource management policies (Figure 6).

Various puzzle pieces within the framework of economy-wide sustainable resource management already exist. For instance, indicators are gradually enhanced, resource efficiency agencies effectively advise companies how to save materials, energy, water, waste, and costs. Some countries have even introduced taxes on mineral aggregates, others are considering reductions of subsidies for resource intensive industries, and to invest more into R&D, education and training for efficient and sustainable resource use, which is certainly an investment into the future.

Notes

* Wuppertal Institute.

(1) The article is based on a presentation given to the European Environment Ministers' meeting in Ghent, Belgium, 12 July 2010, and discussion with DG-Env staff 29 Sep 2010 in Brussels. More details and sources are given in Bringezu and Bleischwitz (2009).

(2) Based on www.materialflows.net – version 2008

(3) Note: in the policy debate on Post-Kyoto targets for GHG emissions it has been argued that people do not want to be made responsible for low-efficiency processes in production countries and therefore might not agree to consumption oriented indicators; however, the up-stream flows of GHG emissions linked to imports (and exports) can be calculated based on the assumption of domestic technologies, ie high process efficiencies, thus indicating the minimum emissions which would have occurred if the consumed products were all produced within the own country. Similar calculations are possible for land use, and mineral extraction (although for the latter it seems more advisable to account for real extraction affecting the country of origin and reflecting the different mining and refining operations varying between metals and other minerals).

(4) Council of the European Union (2009): Presidency conclusions. Doc. 15265/09 as of 30 Oct 2009, Brussels

(5) This 'climate and energy package' was agreed by the European Parliament and Council in December 2008 and became law in June 2009. It foresees: A reduction in EU greenhouse gas emissions of at least 20% below 1990 levels; 20% of EU energy consumption to come from renewable resources (CEC 2008; and Directive 2009/28/EC as of 23 April 2009); and a 20% reduction in primary energy use compared with projected levels, to be achieved by improving energy efficiency (see http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm; accessed 6Oct2010)

(6) Without erosion

(7) More background and examples are given in Bringezu (2009)

(8) Policies for sustainable resource management are discussed and exemplified in Bleischwitz et al. (2009)

Bibliographie

BLEISCHWITZ (R.), BAHN-WALKOWIAK (B.), BRINGEZU (S.), LUCAS (R.), STEGER (S.), WILTS (H.), ONISCHKA (M.) & RÖDER (O.), Outline of a resource policy and its economic dimension. In: (S.) BRINGEZU and (R.) BLEISCHWITZ: 216-296, 2009.

BRINGEZU (S.), Towards Sustainable Resource Mangement in the European Union. Wuppertal Papers 121, Wuppertal Institute, 2002.

BRINGEZU (S.), Visions of a sustainable resource use. In: S. Bringezu and R. Bleischwitz: 155-215, 2009.

BRINGEZU (S.) and (R.) BLEISCHWITZ (contr. eds.), *Sustainable resource management: Global trends, visions and policies*. Greenleaf Publishing Limited, 2009.

BRINGEZU (S.), (H.) SCHÜTZ and (S.) MOLL, 'Rationale for and Interpretation of Economy-Wide Material Flow Analysis and Derived Indicators' *Journal of Industrial Ecology* 7 (2) pp. 43 – 67, 2003.

BRINGEZU (S.), (H.) SCHÜTZ, (M.) O'BRIEN, (L.) KAUPPI, (R.W.) HOWARTH, and (J.) McNEELY, Towards sustainable production and use of resources: Assessing Biofuels. International Panel for Sustainable Resource Management, United Nations Environment Program, 2009 a.

BRINGEZU (S.), VAN de SAND (I.), SCHÜTZ (H.), BLEISCHWITZ (R.) & MOLL (S.), Analysing global resource use of national and regional

economies across various levels. In: S. Bringezu and R. Bleischwitz (eds.): 10-51, 2009 b.

BRINGEZU (S.), (H.) SCHÜTZ, (K.) ARNOLD, (F.) MERTEN, (S.) KABASCI, (P.) BORELBACH, (C.) MICHELS, (G.A.) REINHARDT, and (N.) RETTENMAIER. Global implications of biomass and biofuel use in Germany – Recent trends and future scenarios for domestic and foreign agricultural land use and resulting GHG emissions. *Journal of Cleaner Production* 17: 57-68, 2009 c.

CEC – Commission of the European Communities, *Thematic Strategy on sustainable use of natural resources* COM, 670 final (Luxembourg: Office for official publications of the European Communities), 2005.

CEC – Commission of the European Communities: 20 20 by 2020. Europe's climate change opportunity. COM 30 final, 2008.

ELECTRIS (C.), (P.) RASKIN, (R.) ROSEN and (J.) STUTZ. The Century Ahead: Four Global Scenarios. Technical Documentation. Tellus Institute, 2009.

ETC/SCP – European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production. SCP indicator set, status 17 Sep 2010. Copenhagen.

Eurostat, *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide* (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities), 2001.

Eurostat, *Measuring progress towards a more sustainable Europe 2007* monitoring report for the sustainable development strategy (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities), 2007.

HOLMGREN (P.), Global Land Use Area Change Matrix: Input to GEO-4. FAO, 2006.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report; Summary for Policymakers* http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf (accessed 18.12.2008).

Millenium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 2005.

MACLEAN (H.L.), DUCHIN (F.), HAGELÜCKEN (C.), HALADA (K.), KESLER (S.E.), MORIGUCHI (Y.) MÜLLER (D.), NORGATE (T.E.), REUTER (M.A.) & VAN DER VOET (E.). Stocks, flows and prospects of mineral resources. In: (T.E.) GRAEDEL and (E.) VAN DER VOET (eds.), *Linkages of Sustainability: 199-220*, 2010.

MUDD (G.M.), *Sustainability of Mining in Australia* Research Report No. RR5 (Monash Univ.), 2007.

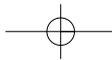
NORGATE (T.E.), Deteriorating Ore Resources. In: T.E. Graedel and E. van der Voet (eds.), *Linkages of Sustainability: 131-148*, 2010.

OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development, *Measuring Material Flows and Resource Productivity. The OECD Guide* (Paris, France: OECD), 2008.

PETERS (G.P.), MARLAND (G.), HERTWICH (E.G.), SAIKKU (L.), RAUTAINEN (A.), KAUPPI (P.E.), Trade, transport and sinks extend the carbon dioxide responsibility of countries: An editorial essay, 2009.

RAVINDRANATH (N.H.), SATHAYE (J.), WOODS (J.), FARGIONE (J.), WATSON (H.), FAAJI (A.), MAKUNDI (W.) and CANADELL (P.), *GHG Implications of Land Use and Land Conversion to Biofuel Crops*. In: R. W. Howarth and S. Bringezu (editors), *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. Report of the International SCOPE Biofuels Project: 111-125, 2009. (<http://cip.cornell.edu/biofuels/>)

ROCKSTRÖM (J.), (W.) STEFFEN, (K.) NOONE, (Å.) PERSSON, (F. S.) CHAPIN III, (E.F.) LAMBIN, (T.M.) LENTON, (M.) SCHEFFER, (C.) FOLKE, (H.J.) SCHELLNHUBER, (B.) NYKVIST, (C.A.) de WIT, (T.) HUGHES, (S.) VAN DER LEEUW, (H.) RODHE, (S.) SÖRLIN, (P.K.) SNYDER, (R.)



COSTANZA, (U.) SVEDIN, (M.) FALKENMARK, (L.) KARLBERG, (R.W.) CORELL, (V.J.) FABRY, (J.) HANSEN, (B.) WALKER, (D.) LIVERMAN, (K.) RICHARDSON, (P.) CRUTZEN, and (J.A.) FOLEY. A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-475, 2009.

SERI/Global2000/FoEE, Overconsumption? Our use of the world's natural resources. Vienna, 2009

SETO (K.), (S.) BRINGEZU, (D.) de GROOT, (K.-H.) ERB, (T.E.) GRAEDEL, (N.) RAMANKUTTY, (A.) REENBERG, (O.) SCHMITZ, and (D.L.) SKOLE.

Stocks, flows and prospects of land. In *Linkages of Sustainability*, edited by T.E. Graedel and E. van der Voet: 71-98, 2009.

VAN VUUREN (D.P.) and (A.) FABER, *Growing within Limits*. Netherlands Environmental Assessment Agency, 2009.

ZAH (R.), (C.) BINDER, (S.) BRINGEZU, (J.) REINHARD, (A.) SCHMID, (H.) SCHÜTZ, *Future perspectives of 2nd generation biofuels*. Centre for Technology Assessment, TA-SWISS 55/2010. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH, 2010 Zürich



Des démarches stratégiques pour une nouvelle organisation de la recherche française et européenne dans le domaine de l'énergie

Afin de renforcer les synergies entre les opérateurs de recherche français, l'Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie (Ancre) vient de se mettre en place. L'Ancre réunit l'ensemble des organismes de recherche publics français concernés par les problématiques de l'énergie. Elle poursuit trois missions principales : favoriser et renforcer les partenariats et les synergies entre les organismes publics de recherche, les universités et les entreprises ; identifier les verrous scientifiques, technologiques, économiques et sociétaux qui limitent les développements industriels dans le domaine de l'énergie ; enfin, proposer des projets pluriannuels de R&D commune et les modalités de leur mise en œuvre coordonnée.

Par Olivier APPERT*

Les défis de la transition énergétique vers un système moins carboné et plus économe sont considérables. Le développement et le déploiement à grande échelle de nouvelles technologies énergétiques contribueront à apporter des solutions performantes.

Afin de renforcer les synergies entre les opérateurs de recherche français, l'Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie (Ancre) vient de se mettre en place.

Les défis de la transition énergétique

La croissance démographique et économique mondiale, qui est surtout le fait de nations émergentes, en particulier asiatiques, met aujourd'hui notre société et son système énergétique sous forte tension. La question est donc de savoir comment satisfaire les besoins croissants d'une humanité toujours plus nombreuse en limitant à la fois les prélèvements sur les ressources non renouvelables et les rejets dans l'environnement puisque :

- ✓ les ressources de la planète sont par nature finies ;
- ✓ l'ensemble des milieux naturels ne saurait absorber sans subir de graves conséquences une augmentation ou même les niveaux actuels des rejets de déchets en provenance des activités humaines ;
- ✓ la crise économique actuelle, qui est sans précédent, affecte les capacités et intentions d'investissement.

Pour lever ces contraintes, il apparaît nécessaire de préparer la transition énergétique en recherchant et en soutenant l'ensemble des voies de production d'énergie à bas niveau d'émission de CO₂, tout en réduisant l'impact des énergies fossiles, dont la place et l'usage resteront importants pendant cette période de transition. Il importe également de concevoir et promouvoir des systèmes d'usage de l'énergie (bâtiments, transports, industries, agriculture) qui

soient d'une plus grande efficacité afin d'économiser les moyens de production et de distribution en amont. Enfin, il convient de consolider, développer et partager les outils de prospective énergétique qui, en apportant une vision simulée dans le temps du système énergétique mondial et de ses composantes, permettront d'aider à la prise de décision pour la définition des politiques publiques et pour l'orientation de la recherche technologique.

Cette transition nécessitera la mise en œuvre d'une large panoplie de technologies. Dans son dernier rapport intitulé *Energy Technology Perspective* (ETP 2010), l'Agence Internationale de l'Energie souligne la contribution de la technologie au défi de la réduction d'un facteur 2 des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial (voir la figure 1). Certaines de ces technologies sont d'ores et déjà matures et les politiques énergétiques doivent en assurer le déploiement. D'autres sont en phase de recherche et développement au sein des organismes de recherche et des entreprises. L'ensemble de ces technologies « vertes » doit contribuer à sortir de la crise économique actuelle, tout en préparant la transition vers un système énergétique durable.

La mise en place d'une coordination des organismes de recherche

Dans ce contexte, il est nécessaire de renforcer les synergies entre les opérateurs de recherche pour mieux en valoriser le potentiel global. Tel est l'objectif de la création de l'Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie (Ancre).

Cette initiative soutenue par les Pouvoirs Publics s'inscrit dans un cadre national marqué par la loi POPE, qui fixe les orientations de la politique énergétique (2005), la stratégie nationale sur la recherche dans le domaine de l'énergie

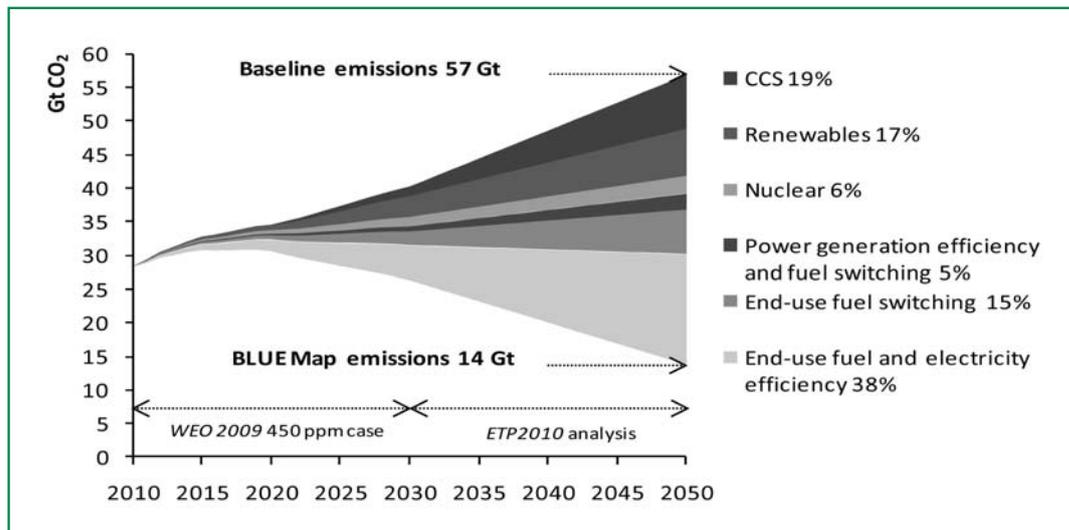


Figure 1 : Key technologies for Reducing global CO₂ Emissions.

A wide range of technologies will be necessary to reduce energy-related CO₂ emissions substantially.

Des technologies relevant d'un large spectre seront nécessaires pour pouvoir réduire de manière substantielle les émissions de CO₂ d'origine énergétique.

Source : IEA – ETP 2010.

(2007), le Grenelle de l'Environnement (2008) et la stratégie nationale de recherche et d'innovation (2009). Elle s'inscrit aussi dans le contexte européen du Paquet Energie Climat (2008) et dans les initiatives européennes en faveur de la recherche.

Créée en juillet 2009, l'Ancre poursuit trois missions principales :

- a) favoriser et renforcer les partenariats et les synergies entre les organismes publics de recherche, les universités et les entreprises, en intégrant les contraintes propres à chacun d'entre eux ;

- b) identifier, avec le concours des entreprises concernées, les verrous scientifiques, technologiques, économiques et sociétaux, qui limitent les développements industriels dans le domaine de l'énergie ;

- enfin, c) proposer en conséquence, dans le cadre de la politique nationale de l'énergie définie par l'Etat, des projets pluriannuels de R&D commune et les modalités de leur mise en œuvre coordonnée s'appuyant sur des programmes allant de la recherche fondamentale à la mise au point de démonstrateurs à des fins d'applications industrielles, et proposer des structures pour mener à bien ces programmes.

Par-delà ses membres fondateurs (le CEA, le CNRS, la CPU et IFP Energies nouvelles), l'Ancre réunit l'ensemble des organismes de recherche publics français concernés par les problématiques de l'énergie (Andra, BRGM, CDEFI, Cemagref, Cirad, CSTB, Ifremer, Ineris, Inra, Inrets, Inria, IRD, IRSN, LNE, Onera). Pour garantir la finalité industrielle de ses travaux, l'Ancre associe également les industriels du secteur à ses réflexions et actions, via les pôles de compétitivité.

La coordination de l'Ancre est assurée par un Comité composé des dirigeants des organismes fondateurs ; ce

Comité de Coordination interagit régulièrement avec les Pouvoirs Publics et les agences de financement (Ademe, ANR, Oseo), qui sont par ailleurs invitées aux assemblées générales de l'Ancre, au même titre que l'ensemble des membres associés (voir la figure 2).

Huit Groupes Programmatiques thématiques, qui sont de véritables organes fonctionnels de l'Ancre, ont été constitués pour conduire les réflexions et aboutir à des propositions concrètes en matière de programmes de R&D. Leurs travaux sont structurés autour des chaînes de valeur (matières premières, transformation primaire, vecteurs, distribution, stockage, impacts) des thématiques mentionnées dans la figure 3, ci-après.

Les premiers résultats des travaux de l'Ancre

Le début de ces travaux ne remontant qu'à quelques mois, il est donc trop tôt pour proposer des recommandations définitives.

Le travail mené au sein des Groupes Programmatiques a permis à des entités complémentaires, voire parfois « concurrentes », de mieux se connaître et de travailler ensemble pour arriver à une bonne convergence de vues dans la définition et la priorisation des verrous. L'Ancre a ainsi donné l'opportunité à de nombreux experts de chacune des filières de partager des objectifs thématiques et stratégiques et de s'informer mutuellement des moyens disponibles au sein de leurs laboratoires respectifs.

Dans un premier temps, chaque groupe a eu pour mission d'établir dans son domaine une cartographie des forces et faiblesses de la R&D, puis d'identifier les verrous scientifiques, technologiques, économiques, environnementaux et

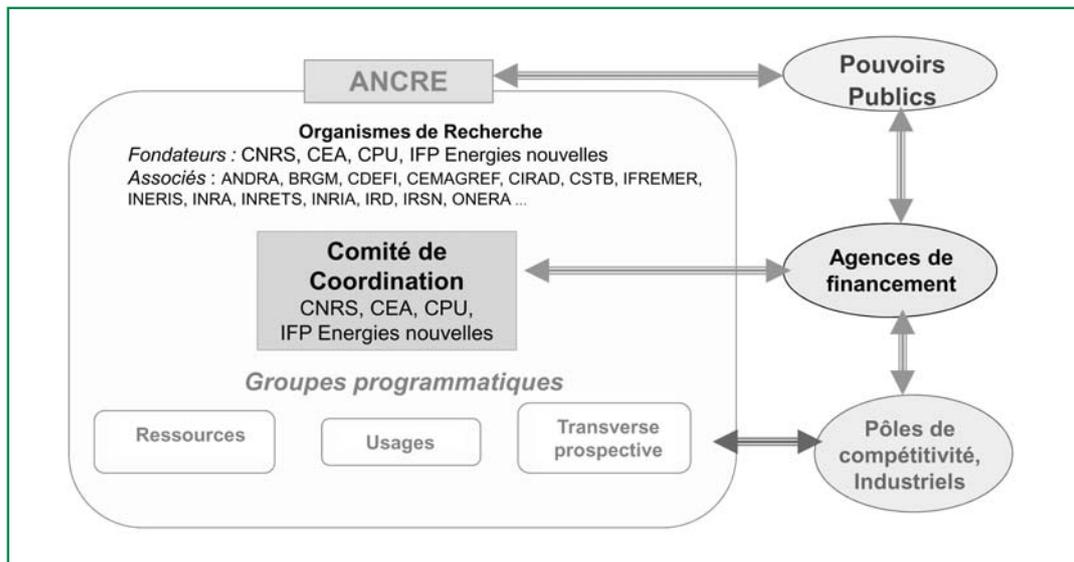


Figure 2 : L'Ancre.

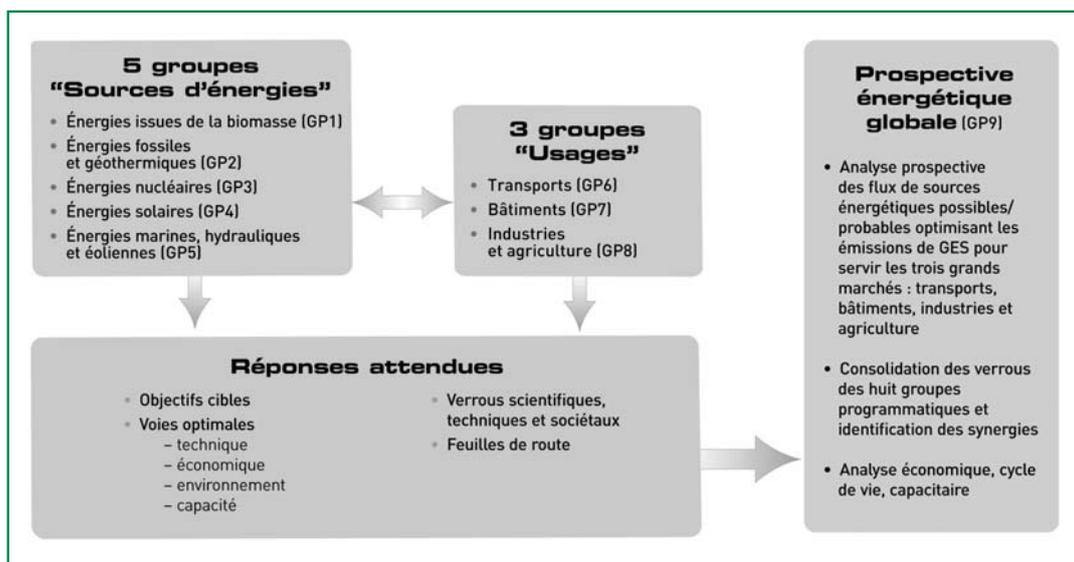


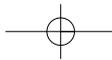
Figure 3 : Huit Groupes Programmatiques thématiques.

sociétaux, qui limitent à la fois le déploiement de solutions « durables » en matière énergétique, l'émergence de champions industriels et notre indépendance énergétique. La deuxième phase de leur travail a consisté à prioriser ces verrous et à proposer les programmes de recherche à même de les faire sauter. Le détail de ces programmes, ainsi que la définition des structures et des partenariats noués pour les porter et les mener à bien, font partie des objectifs pour fin 2010. En parallèle, l'analyse des forces et faiblesses des moyens de recherche en France dans chacune de ces filières devra également être finalisée.

Un neuvième Groupe Programmatique transversal, le Groupe de Prospective énergétique globale, a pour mission

d'analyser globalement les résultats des travaux des huit autres Groupes Programmatiques et d'en préparer une synthèse. Il agit aussi en tant que Groupe Programmatique en ce qui concerne les études de prospective énergétique et d'analyse de cycle de vie. Il a par ailleurs pris en charge, au sein d'un sous-groupe nouvellement créé, des aspects transverses, tels que l'acceptabilité sociétale et les réseaux intelligents. Enfin, ce groupe assure également l'animation transverse, en réunissant régulièrement l'ensemble des animateurs des autres groupes programmatiques.

La recherche française doit aussi s'intégrer pleinement dans la dynamique européenne. C'est pourquoi l'Ancre doit relever le défi d'une meilleure représentation de la France



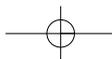
dans les programmes européens, qu'il s'agisse des *Framework Programmes*, des *Joint Technology Initiatives* (JTI) ou des plateformes technologiques européennes. Pour cela, il conviendra, en premier lieu, de recenser, parmi les membres de l'Ancre, ceux qui participent à ces différentes structures, puis de mieux partager les informations et utiliser la structuration qu'elle propose, afin de répondre d'une façon plus efficace aux appels à projets européens. A cet égard, deux autres éléments sont susceptibles de permettre un meilleur positionnement de la France au niveau européen :

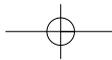
- ✓ d'une part, la participation d'un certain nombre de représentants d'organismes membres d'Ancre à l'EERA (*European Energy Research Alliance*) et à certains de ses groupes programmatiques (identification à faire au sein d'Ancre) ;
- ✓ et, d'autre part, leur participation aux KIC (*Knowledge and Innovation Communities*) InnoEnergy (énergie durable) et Climate.

Les débuts de l'Ancre sont extrêmement prometteurs tant sur le plan de la collaboration entre ses membres que sur celui de la qualité de la production de ses experts. La nouvelle période qui s'ouvre (septembre 2010-septembre 2011) sera déterminante : les intentions de programmes actuelles devront déboucher sur des propositions concrètes s'appuyant sur des feuilles de route qui soient à la fois partagées (entre les membres de l'Ancre ainsi qu'entre elle et les agences de financement) et claires quant aux acteurs associés, aux compétences et aux moyens nécessaires à leur réalisation. Le dynamisme créé par l'Ancre devrait permettre de déboucher prochainement sur des projets de recherche ambitieux et innovants.

Note

* Président d'IFP Energies nouvelles, Président du Comité de Coordination de l'Ancre.





Les défis technologiques et industriels des énergies décarbonées

Le paysage énergétique mondial, qui a profondément changé en moins de vingt ans, s'apprête à connaître une nouvelle révolution avec l'introduction massive des énergies renouvelables, des nouvelles technologies associées, ainsi que de plus en plus d'intelligence dans les réseaux d'énergie, dans la gestion de la demande et de l'offre. Dans ce contexte, la compétition industrielle et économique s'annonce rude. L'innovation est un facteur clé de réussite dans cette bataille. La France a les atouts pour la gagner, avec ses industriels de taille mondiale et ses centres de recherche de premier plan. Elle doit mettre désormais l'accent davantage sur l'amont, c'est-à-dire sur le soutien au développement de filières industrielles, ainsi qu'à la recherche et à l'innovation, en choisissant les filières d'excellence sur lesquelles elle peut devenir un des leaders mondiaux. Nous montrerons des exemples de démarches initiées en France en matière de photovoltaïque et de batteries, des secteurs qu'il faut continuer à soutenir et à développer.

par Jean THERME*

Le système énergétique dont nous avons hérité est en train d'exploser...

Depuis plus de cinquante ans, le monde développé a vécu sur un système énergétique dont les caractéristiques sont restées remarquablement constantes. Ce système avait été mis en place immédiatement après la Seconde guerre mondiale. Il se caractérise par :

- ✓ une prédominance absolue des énergies fossiles (notamment du pétrole : la signature du pacte de Quincy entre l'Arabie Saoudite et les Etats-Unis date de février 1945),
- ✓ l'introduction de l'énergie nucléaire, dont la part qui bien que significative reste modeste (moins de 10 %) dans le mix énergétique mondial,
- ✓ des systèmes de production électrique centralisés dans de nombreux pays avec, à la clef, des monopoles par type d'énergie.

On a pu constater également un développement continu de la consommation d'énergie dans les transports et un développement des usages industriels et domestiques de l'électricité.

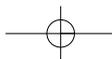
Les crises énergétiques et les soubresauts politiques que le monde a connus pendant cette période n'ont modifié, pour l'essentiel, que le partage de la rente pétrolière et gazière entre les pays producteurs et les pays consommateurs ; ils ont aussi induit, à la marge, sinon une modération conséquente de la consommation énergétique, tout au moins une prise de conscience de la nécessité de mettre en œuvre des politiques d'efficacité énergétique. La création de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA), une émanation de

l'OCDE, en 1973, est un symbole emblématique de cette période.

Un paysage énergétique radicalement différent se met en place...

La globalisation de l'économie (en particulier la dérégulation des marchés de l'énergie dans le monde) a initié à la fin du XX^e siècle un mouvement qui s'est ensuite amplifié sous l'effet de deux facteurs fondamentaux :

- ✓ l'inéluçabilité des limites des réserves des énergies fossiles. Quoi qu'en disent les spécialistes, les années nous séparant du fameux *peak oil* ne se comptent plus désormais, dans le meilleur des cas, que sur les doigts des deux mains. Le développement continu des pays émergents, très gourmands en énergie, va bien entendu accentuer les tensions sur les prix de toutes les énergies fossiles, et donc, *de facto*, les tensions géopolitiques. La question est maintenant de savoir si ce pic est susceptible d'être transformé en plateau ;
- ✓ la prise de conscience de la menace du changement climatique, au niveau planétaire, est un mouvement irréversible. Initié dans la dernière décennie écoulée, ce mouvement se traduit aujourd'hui dans un grand nombre de pays par des objectifs ambitieux (et chiffrés) de développement des énergies renouvelables et d'amélioration de l'efficacité énergétique. Rappelons simplement que l'objectif que s'est fixé la France à l'horizon 2020, à savoir 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale du pays, est supérieur à la part actuelle du



nucléaire dans le bouquet énergétique de la France (un peu moins de 20 %), et supérieur à la performance de l'Allemagne (18 %), pourtant souvent citée en exemple.

Mais il est important de prendre en compte d'autres facteurs clés de la transformation du système énergétique.

Tout d'abord, le développement des technologies de l'information et de la communication a transformé radicalement, en l'espace de trois décennies, non seulement nos modes de vie, de penser et de communiquer, mais aussi nos rapports aux transports et, en particulier, à l'automobile, avec, par exemple, l'introduction de l'électronique dans l'automobile, du GPS ou encore de nouveaux modes de planification et de réservation de nos déplacements.

Ces mêmes technologies vont permettre d'introduire une véritable intelligence dans la gestion de l'énergie, entre les producteurs et les consommateurs, dans les domaines des transports, de la vie au domicile ou au bureau, ou entre citoyens et décideurs, pour les choix énergétiques collectifs. On voit émerger, peu à peu, la notion de *smart grid* pour les réseaux de distribution électrique, à l'échelle du quartier, de la ville ou de la région, et on verra sans doute apparaître demain celle de *smart energy grid*, si l'on étend cette intelligence à la gestion couplée des réseaux d'énergies électriques et gazières (gaz naturel, gestion des rejets de CO₂, biogaz, hydrogène). Les arbitrages permanents entre les sources d'énergie primaire, les vecteurs de transport et le stockage d'énergie seront alors généralisés ; ils rendront possible un réglage fin de l'adéquation technico-économique entre l'offre et la demande.

Deuxième point : le caractère diffus des énergies renouvelables et les technologies de conversion qui leur sont associées, permettent d'introduire une composante de production décentralisée et répartie. Les progrès réalisés dans les techniques de génération électrique, par exemple, donnent la possibilité de micro-génération à l'échelle du kilowattheure : moteurs Stirling, micro-turbines ou piles à combustible. La production par les ménages de leur propre électricité grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques sur leur toit illustre également cette tendance.

Enfin, après une décennie de fort développement mondial des énergies renouvelables, une véritable industrie est née : la production électrique hors hydraulique est passée de 182 térawattheures (TWh) en 1998 à 525 TWh en 2008. Au total, en y incluant l'hydraulique, les formes d'énergie renouvelables représentent, au niveau mondial, environ 9 fois la production nucléaire française. La puissance du parc de production éolien atteignait, à la fin 2009, les 160 gigawatts (GW). Le solaire, avec 21 GW installés, suit cette tendance, mais avec un décalage temporel. Avec ces ordres de grandeur, on voit émerger également des unités centralisées de production d'énergies renouvelables, comme des fermes éoliennes d'une puissance atteignant 100 MW, des centrales solaires à concentration de 200 MW, des centrales biomasse, de cogénération ou de biocarburants de puissances allant de 10 à plus de 400 MW.

Cette introduction massive à la fois de différentes formes d'énergies renouvelables et de technologies de conversion, dans des endroits qui ne coïncideront pas nécessairement

avec les lieux de consommation, nécessitera non seulement les *smart energy grids*, ces réseaux énergétiques intelligents que nous avons évoqué plus haut, mais aussi des super-réseaux (*super grids*) de transport d'énergie décarbonée à l'échelle continentale afin d'augmenter la pénétration des énergies renouvelables dans le mix énergétique global.

En Europe, la récente initiative Transgreen (maintenant Medgrid), ou encore les travaux de Roadmap2050™, montrent clairement l'intérêt de développer ces réseaux entre zones de production massive et lieux de consommation, par exemple depuis les zones d'électricité éolienne *off-shore* du Nord de l'Europe ou depuis les centrales solaires des pays du sud de la Méditerranée. En Europe, ces méta-réseaux dotés d'une couche d'intelligence stratégique globale, ainsi que les *smart grids* gérant localement l'adéquation entre l'offre et la demande auront également un intérêt politique, celui de favoriser la mutualisation et la solidarité entre les différentes zones de l'Europe et la construction d'une Europe de l'énergie verte consensuelle (chose que le nucléaire n'a malheureusement pas réussi à faire).

Le paysage énergétique du XXI^e siècle s'annonce multi-sources (du côté de la production), multiforme (avec l'émergence de la production décentralisée et de micro-unités de production), avec une intelligence répartie dans des grappes locales reliées à des réseaux de transport d'énergie continentaux. La demande des consommateurs sera plus active et plus citoyenne, car, mieux informé, le citoyen sera appelé à maîtriser sa propre consommation, aidé en cela par des outils adaptés. L'unité de mesure économique ne sera probablement plus le kilowattheure, la tonne équivalent pétrole ou le litre d'essence, mais bien la demande de service (transport, confort thermique, confort visuel, etc.) aux moindres coûts environnemental et économique.

Les mots-clés de ce paysage énergétique nouveau seront : technologies innovantes, infrastructures de réseaux, intelligence de gestion fine, synergies entre énergies, associations, complémentarités et nouvelles convergences, par exemple entre transport et bâtiment.

La croissance « verte » : oui ; mais la France pourra-t-elle y accéder ?

Les gouvernements du monde entier se ruent sur ce nouvel eldorado, ces marchés gigantesques qui vont créer emplois et croissance durables. En 2009, à eux seuls, les investissements dans les capacités de production d'électricité se sont élevés à 200 milliards de dollars, dont la moitié dans les énergies renouvelables (source : rapport REN21 de l'Unep, une émanation de l'Onu).

Une étude de l'IEA prévoit un besoin en investissement dans les nouvelles capacités énergétiques atteignant plus de 26 000 milliards de dollars jusqu'en 2030. Mais, comme pour toute compétition économique à l'échelle mondiale, il y aura des gagnants et des perdants, notamment en matière de créations d'emplois nets.

Quelles seraient les conditions pour qu'un pays comme la France fasse plutôt partie de la première catégorie, celle des

gagnants ? Comment créer des filières industrielles compétitives en France, et donc des emplois ?

Nous défendons l'idée que c'est grâce à un soutien à l'amont (à l'offre d'énergie) que cette bataille se gagnera et qu'il faut désormais mettre l'accent sur ce volet et en faire une priorité.

Ces dernières années, l'accent a été mis sur le soutien à la demande, avec une politique d'incitation fiscale, d'aide à l'investissement, de tarifs préférentiels d'achat de l'électricité renouvelable ou de défiscalisation, pour les biocarburants. Mais cette politique a rapidement atteint ses limites en raison de son impact sur les finances publiques. De plus, elle ne peut se concevoir, par principe, qu'accompagnée d'une forte dégressivité dans le temps de ces aides dont la raison d'exister est de faire chuter les prix pour rapidement disparaître, une fois cet objectif atteint. On a parfois tendance à l'oublier, en n'en retenant que la phase initiale. Le cas récent des tarifs d'achat du photovoltaïque en France, largement supérieurs à la moyenne européenne, n'ont pas particulièrement favorisé la filière française. En revanche, ils ont créé des rentes de situation, tout en favorisant l'importation des matériels *ad hoc*, à contenu technologique non négligeable, de pays concurrents (notamment de la Chine).

Ce soutien à l'amont, c'est-à-dire jusqu'à la création de filières industrielles, peut comporter plusieurs volets : une politique industrielle impliquant de créer un environnement social, économique et fiscal accueillant pour la localisation de la production en France, une composante de soutien initial et ciblé à la demande nationale et, enfin, une politique très volontariste de soutien à l'innovation.

Ce dernier point est crucial pour gagner des parts sur ces marchés en forte croissance ; l'innovation est un facteur clé de succès, car elle seule permet de rester dans la compétition mondiale.

L'innovation : une clé essentielle pour gagner la bataille industrielle

Dans ce cadre, l'innovation joue un rôle fondamental, et ce, à plusieurs niveaux :

- ✓ *innovation technologique et scientifique*, car ces technologies jeunes ne sont pas matures économiquement et certaines d'entre elles doivent améliorer leurs performances. Le potentiel de rupture technologique reste considérable et cela donne un avantage concurrentiel au premier entrant ;
- ✓ *innovation par la convergence d'innovations* réalisés dans différents domaines : il est évident que les progrès réalisés dans les technologies de l'information et de la communication vont être un facteur clé de l'innovation dans la mise en place de réseaux énergétiques intelligents, cela à différentes échelles : locales, urbaine, régionale, interrégionale. Il est significatif de voir des compagnies, comme IBM, Google, Siemens ou General Electric, investir dans la ville de demain, une ville durable, intelligente, économe en énergie. Les acteurs des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) entrent dans le *business* énergétique, auquel elles

apportent les techniques de réseau et de traitement des flux d'information ;

- ✓ *innovation sur les services par les synergies de domaines* jusqu'ici disjointes : transport + habitat, énergies renouvelables + énergies traditionnelles. Des alliances entre énergéticiens et industriels des transports commencent à apparaître, à l'image des coopérations entre EDF et Renault, par exemple, dans la mise au point de véhicules électriques (voir la photo 1) ;
- ✓ *en matière de services « sur-mesure »*, dans les services à la personne, aux entreprises ou aux collectivités territoriales, en proposant des solutions répondant à leurs besoins. Il ne s'agira pas de leur vendre uniquement des kilowattheures ou des litres de fioul, mais aussi des services : gestion souple de leurs consommations énergétiques, gestion de leur chauffage en leur absence (ainsi que de tous leurs appareils électriques) et fourniture de sources d'énergie « bio » (à l'image des produits « bio », par exemple textiles ou alimentaires, que nous connaissons aujourd'hui).

Il faut à la France une recherche technologique de premier plan en matière d'énergie

La politique nationale de la recherche se doit de favoriser l'innovation et de soutenir une recherche technologique de premier plan au profit des entreprises.

Si la recherche technologique peut se faire en partie dans les entreprises, aucune d'entre elles aujourd'hui n'est en mesure de disposer de l'ensemble des compétences nécessaires au développement de nouveaux produits et services.

De plus, un couplage étroit de la recherche technologique à une recherche plus fondamentale est essentiel si l'on veut parvenir à des ruptures technologiques conduisant à la prise de brevets de base, souvent déterminants dans la maîtrise de nouvelles filières industrielles.

La recherche publique technologique dispose d'un spectre très large de compétences ; elle a un rôle à jouer dans l'ensemble de ces domaines d'innovation. L'obtention d'un bon partenariat entre l'industriel et un institut de recherche devient alors une condition essentielle de la réussite de telles coopérations. Cela implique la garantie de la mobilisation des compétences de la recherche *par l'industriel*, la tenue des délais et la garantie que les résultats de la collaboration seront suffisamment protégés tant au niveau de la propriété intellectuelle que de son exploitation par l'industriel. Mais cela veut dire aussi, *pour le centre de recherche*, un niveau de financement significatif des travaux par l'industriel ou par un système d'aide publique associé, un engagement de l'industriel sur le moyen terme, une propriété intellectuelle équitable permettant de valoriser au mieux les résultats de la recherche, dans l'intérêt collectif de la nation.

Le rôle des instituts de recherche publics a profondément changé ; il a été largement étendu, depuis une dizaine d'années. Non seulement ces laboratoires interviennent en matière de faisabilité technologique des avancées de la



Photo 1 : Illustration de la convergence entre habitat et transport : expérimentation à l'INES de la recharge de véhicules hybrides par des toits solaires photovoltaïques.

recherche fondamentale, d'amélioration continue des technologies existantes en développant de nouveaux matériaux et composants, mais ils intègrent désormais les technologies dans des systèmes de plus en plus complexes, jusqu'aux usages finaux, c'est-à-dire jusqu'à l'interaction avec les clients des entreprises bénéficiant de leurs travaux.

La recherche se fait désormais aussi dans les opérations de démonstration de systèmes ou de méta-systèmes (par exemple, bâtiments, réseaux énergétiques, véhicules, systèmes de transport complets, optimisation et recherche de synergies entre ces systèmes).

Cela permet d'introduire une indispensable boucle de rétroaction, qui recadre en permanence le cahier des charges de la recherche en cours. La recherche technologique est par nature une recherche partenariale avec les industriels de la chaîne de la valeur, les systémiers, les fournisseurs de services, ainsi, bien sûr, qu'avec les organismes de la recherche publique.

Mais la recherche publique est désormais impliquée dans une compétition mondiale. Les grandes entreprises sont de moins en moins enclines à faire jouer la préférence nationale dans ce domaine. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder la localisation des derniers centres de recherche de grands groupes tels que Saint-Gobain (l'Allemagne), Air Liquide (les États-Unis) ou General Electric (la Chine, l'Inde et l'Allemagne). La recherche publique doit faire la preuve de son adéquation aux besoins des industriels et associer non seulement un excellent niveau scientifique et un excel-

lent niveau technique, mais aussi offrir tout un écosystème associant éducation et formation, implication des collectivités territoriales, réseaux de PME.

Afin d'illustrer ce qui a été dit précédemment, nous prendrons deux exemples de soutien à l'innovation et à la création de filières industrielles en France. L'un concernant le développement d'une filière solaire en France et l'autre portant sur l'accompagnement de l'introduction du véhicule électrique. Ces deux domaines sont particulièrement porteurs, en termes de croissance et de création d'emplois.

L'INES et le développement d'une filière solaire en France

La création de l'Institut national de l'énergie solaire (INES), en 2005, près de Chambéry (voir la photo 2), a permis de concentrer les efforts et les moyens consacrés par la France au solaire dans le bâtiment. L'INES regroupe aujourd'hui près de 300 chercheurs provenant des principaux acteurs de R&D de la filière, à savoir le CEA, le CNRS, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et l'Université de Savoie. Trois plateformes sont aujourd'hui en place :

- ✓ INESRDI, qui développe les améliorations et les innovations en lien avec la recherche fondamentale en amont, et ce, en fort partenariat avec les industriels en aval ;
- ✓ INES Démonstration, qui fait le lien entre les industriels de la filière et les résultats de la R&D au moyen d'opérations de démonstration des solutions ;



Photo 2 : L'Institut National de l'énergie solaire à Chambéry (INES) : un partenariat entre la recherche, l'enseignement, les collectivités locales et l'industrie.

✓ enfin, INES Education, qui a des missions d'information et de promotion, de formation continue, de veille et d'analyse, ainsi que d'expertise (notamment en matière de métrologie).

Un des objectifs majeurs de la R&D de l'INES est de faire baisser (d'un facteur 2 à 3) le prix du module photovoltaïque et de descendre au-dessous de la barre des 2 euros/Watt installé, puis de un euro/watt installé. L'augmentation des rendements des cellules photoélectriques, l'amélioration des procédés d'obtention du silicium de la qualité requise font partie de ses axes de recherche.

L'autre grand objectif est la mise au point de systèmes intégrant la production d'énergie solaire, son stockage, un système de gestion de l'énergie et l'intégration du tout dans un bâtiment ou sa connexion au réseau électrique. Les installations expérimentales comprennent également des bâtiments-tests permettant une approche système, ou la simulation d'un mini-réseau électrique permettant de réaliser des expériences de recharge de batteries utilisées par des véhicules de transport au moyen d'électricité solaire.

Ce regroupement a permis d'atteindre une taille critique. Le Fraunhofer ISE, en Allemagne, qui est un institut de référence dans le domaine, a des effectifs du même ordre de grandeur. La proximité géographique et organique du CEA Grenoble, le principal contributeur, au travers de ses deux instituts, Liten et Leti, offre à l'INES un ensemble de compétences unique, dans les nanomatériaux, les technologies du silicium, les technologies innovantes concernant les bat-

teries, les piles à combustible et les piles à hydrogène, ainsi qu'en matière de valorisation de la recherche et de protection de la propriété industrielle.

Il faut souligner également la contribution essentielle des collectivités locales et leur connaissance du terrain, sans lesquelles rien n'aurait été possible.

L'objectif ultime de l'INES est d'aider à la création d'une filière française du photovoltaïque qui soit compétitive. Afin d'accélérer le processus d'innovation dans le domaine des cellules photovoltaïques en silicium, le CEA a créé, avec les industriels EDF Energies Nouvelles et Photowatt, la société PV Alliance, qui est implantée à Bourgoin-Jallieu (dans le département de l'Isère). Son laboratoire pilote (Lab-Fab) validera, à l'échelle industrielle, les innovations issues des laboratoires de recherche associés.

On voit ainsi qu'une politique de l'innovation passe par un rôle accru de l'institut de recherche, qui joue le rôle d'un véritable pont entre la recherche fondamentale et l'industrie. La réussite de ce *cluster* à la française peut être attribuée à trois ingrédients : un écosystème local Chambéry-Grenoble, parfaitement intégré et soutenu par les collectivités locales, la présence d'acteurs nationaux (centres de recherche et industriels) et, enfin, une cohérence avec la politique nationale et son soutien financier, par exemple au travers des Investissements d'Avenir récemment institués.

Le deuxième exemple concerne le développement d'une gamme de véhicules électriques à batteries, en France, dans

lequel Renault s'est fortement engagé, dans le cadre de l'alliance Renault/Nissan. L'objectif est de réussir la mise sur le marché de produits en rupture dans le domaine de la mobilité individuelle en y intégrant les usages finaux du client. L'industriel français veut devenir le leader mondial de ce nouveau marché, permettant ainsi de créer (ou de maintenir) des emplois, en France et en Europe. Plus généralement, la batterie est une « technologie clé » vitale pour l'avenir de l'industrie automobile française. Le défi de l'introduction dans le marché global des voitures électriques est très important, il nécessite la mobilisation non seulement de toutes les compétences, mais aussi de l'Etat, dans l'accompagnement de cette véritable révolution.

Un accord majeur de coopération a été signé entre Renault et le CEA en septembre 2010 ; le rôle essentiel du CEA est d'épauler Renault sur les segments batterie et BMS (*Battery Management System*).

Le CEA possède des compétences spécifiques et complémentaires à celles de l'industriel en électrochimie, en thermique, matériaux, électronique de contrôle-commande et systèmes complexes. Son rôle sera de développer et transférer les technologies de la génération suivante, plus performantes en termes de capacité et de sécurité au moindre coût, notamment en offrant une gamme de systèmes batteries allant du *low cost* à des batteries plus sophistiquées, en fonction de l'architecture des véhicules.

De façon similaire à la filière silicium, le transfert des technologies selon les conditions industrielles de fabrication est capital. C'est pourquoi la réalisation en petites séries (de quelques centaines à quelques milliers d'exemplaire par an) est une étape de validation essentielle ; elle correspond, de toute façon, aux marchés des premières années (marchés de niches hors véhicules particuliers et démonstrations, flottes), avant la production de masse (quelques centaines de milliers d'unités par an). Du fait de l'absence de PME pertinentes en France, le CEA a été amené à participer activement à la création d'une société dédiée à cet objectif pour les marchés de niches (la société Prollion, avec le groupe Alcen).

On peut constater au travers de ces exemples que *la création de sociétés, de start-up*, le cas échéant, est devenue un des outils des centres de recherche. Cette voie de l'innovation présente beaucoup d'avantages : comblement d'un manque dans la chaîne du transfert de technologie, création d'emplois locaux, dynamisme propre aux *start-up*, motivation de chercheurs, qui peuvent trouver là l'opportunité de nouvelles expériences industrielles et de création d'entreprises. Il faut souligner que l'aide à la création de *start-up* et d'entreprises nouvelles, le crédit d'impôt recherche (dans sa dernière version) sont des outils performants et indispensables au développement de la recherche technologique et à l'accompagnement de l'innovation en France. Les fonds publics de financement collaboratifs (Oseo, ANR, Investissements d'avenir) concourent également au financement de la recherche avec une efficacité accrue dès lors qu'ils sont correctement ciblés.

Conclusion : soutenir l'offre, plutôt que la demande

Les nouvelles technologies de l'énergie et les énergies renouvelables présentent un potentiel de développement considérable au niveau mondial. Les défis économiques, techniques, sociétaux qu'ils impliquent, sont gigantesques.

Bénéficier de cette réserve de croissance économique ne sera pas automatique pour tous les pays. Comme pour d'autres domaines, c'est une guerre économique mondiale qui se met en place. Pour que la France puisse tirer son épingle du jeu et posséder, à terme, des filières industrielles compétitives sur son sol, il lui faudra soutenir de façon pérenne son offre, notamment en favorisant un environnement propice à l'innovation.

La recherche publique française sur l'énergie est un atout dans cette bataille pour l'innovation, car elle possède un bon niveau scientifique. Elle a développé des compétences et une expertise, complémentaires et plus larges que celles des laboratoires de recherche industrielle. Mais la mondialisation concerne aussi la compétition entre centres de recherche. Les compagnies n'hésitent plus à aller là où la recherche est la meilleure, la plus adaptée à leur demande, la plus réactive et offrant le meilleur rapport qualité prix.

L'environnement scientifique et humain des centres de recherche, le soutien des collectivités locales, la qualité de l'éducation et de l'enseignement supérieur sont autant de paramètres que les entreprises prennent en compte lorsqu'elles effectuent leur choix de collaborations.

S'ils veulent survivre et accompagner la croissance verte en France, les centres de recherche doivent créer des modèles de développement globaux avec leurs partenaires locaux, évalués selon un certain nombre de critères, parmi lesquels la qualité scientifique (publications...), l'innovation (brevets, *start-up* créées...) et l'engagement de collaborations avec les industriels (création de laboratoire communs, part de financement industriel du centre de R&D) et, enfin, les institutionnels (collectivités locales ou pôles de compétitivité).

Dans ce contexte, la création de filières industrielles françaises compétitives doit rester l'enjeu majeur de la politique de soutien aux Nouvelles Technologies de l'Énergie. Elle nécessite un support fort, continu, aussi bien local que national, dans le cadre d'une politique ambitieuse et volontariste en faveur de la R&D technologique et de l'innovation, au profit de l'industrie, avec une gamme d'outils financiers pérennes. Elle doit à terme s'insérer dans une vision plus large, celle d'une Europe de l'énergie.

Nous pensons que ce soutien à une véritable offre française est sans doute un des moyens les plus efficaces qui soient, en termes d'utilisation des finances publiques, pour créer, demain, en France, les emplois de la croissance verte.

Note

* Directeur de la recherche technologique, Directeur délégué aux énergies renouvelables du CEA.

Les pôles de compétitivité, moteurs de la croissance verte

Depuis son lancement en 2004, la politique des pôles de compétitivité contribue au renforcement de l'innovation et à la construction d'une véritable politique industrielle des filières.

Le Grenelle de l'Environnement a confirmé que la protection de l'environnement est une opportunité d'investissements génératrice de croissance et d'emplois tant au niveau national qu'international. Le Gouvernement a mis en œuvre une politique de croissance verte dont l'objectif est de faire du défi environnemental une opportunité de croissance pour les entreprises françaises. Les investissements consentis devraient générer, d'ici à 2012, une activité de plus de 450 milliards d'euros et 600 000 emplois (1). Les pôles de compétitivité apportent une contribution majeure à cette dynamique.

Par Alain SCHMITT*

La politique des pôles de compétitivité crée une dynamique forte qui profite aux éco-technologies

La politique nationale des pôles de compétitivité initiée par le Gouvernement en 2004 s'inscrit dans le cadre d'une politique économique fondée sur le renforcement de la compétitivité de l'économie française par l'accroissement des efforts d'innovation et de recherche et développement dans les domaines stratégiques.

Cette politique vise à développer l'innovation en dépassant les schémas traditionnels de la recherche et de la production et à créer de nouvelles relations industrielles par la coopération entre membres des pôles de compétitivité. En effet, ceux-ci animent chacun sur un territoire donné, un réseau composé d'acteurs économiques et académiques autour de stratégies de développement et de projets partenariaux innovants à fort contenu en valeur ajoutée. L'originalité de cette approche réside dans la volonté effective de trois types d'acteurs – des entreprises de toute taille, des centres de recherche et des organismes de formation – de mener ensemble des projets collaboratifs. La politique des pôles de compétitivité s'attache également à favoriser l'essor des PME.

La France compte aujourd'hui 71 pôles de compétitivité (voir la carte en page 102) qui ont été labellisés par le Gouvernement lors de comités interministériels d'aménagement et de développement du territoire (CIADT).

Issus d'initiatives locales, les pôles de compétitivité concernent la plupart des domaines d'activité. Ils relèvent aussi bien de domaines technologiques en émergence

(nanotechnologies, biotechnologies, écotechnologies...) que de domaines plus matures (automobile, aéronautique...) (voir la figure 1).

La première phase de la politique des pôles de compétitivité (2006 – 2008) a prioritairement concerné le développement de projets de R&D collaboratifs. 720 millions d'euros, sur une enveloppe d'un milliard et demi d'euros affectés à la politique des pôles, ont été consacrés au cofinancement de ces projets, avec le soutien financier des collectivités territoriales, dans le cadre des appels à projets du fonds unique interministériel (FUI), qui est un outil spécifique permettant à l'Etat d'apporter son appui aux projets collaboratifs de R&D des pôles de compétitivité.

En 2008, après trois années de fonctionnement de cette politique, le Gouvernement a confié une évaluation du dispositif national et de chacun des pôles de compétitivité pris individuellement à deux cabinets de conseil (Boston Consulting Group et CM International), auxquels il a demandé de l'éclairer dans ses décisions quant à la poursuite de cette politique. Cette évaluation a confirmé le succès de la politique des pôles de compétitivité, qui a été reconnue par l'ensemble des acteurs du monde industriel, scientifique et économique. La dynamique ainsi créée renforce les positions stratégiques de l'économie française dans de multiples domaines.

Tirant les enseignements de cette évaluation, le Gouvernement a décidé, à l'été 2008, de poursuivre cette politique pour une nouvelle phase, la phase « Pôles 2.0 », pour laquelle, outre l'accompagnement des projets de R&D collaboratifs qui sont au cœur de la dynamique des pôles de compétitivité, trois axes d'actions prioritaires ont été définis :

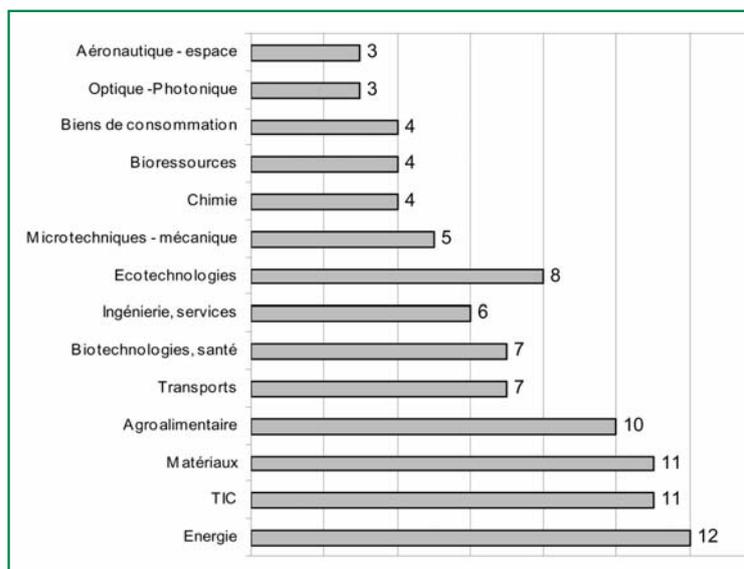


Figure 1 : Répartition des 71 pôles de compétitivité par secteur d'activité.

(Certains pôles sont comptabilisés dans plusieurs secteurs)

Source : DGClS.

- ✓ le renforcement de l'animation et du pilotage stratégique des pôles de compétitivité, avec notamment la mise en œuvre de contrats de performance précisant les objectifs de développement de chaque pôle et de son écosystème,
- ✓ le financement d'équipements structurants (tels que les plateformes d'innovation),
- ✓ le développement d'un écosystème d'innovation et de croissance, notamment par un recours plus important aux financements privés et par la recherche de meilleures synergies territoriales.

Un milliard et demi d'euros, dont 650 millions d'euros de crédits budgétaires de l'Etat et 850 millions d'euros de crédits d'intervention des agences (Caisse des Dépôts et Consignations, Agence nationale de la recherche et OSEO) ont été affectés à cette deuxième phase. Au sein des crédits de l'Etat, 50 millions d'euros sont dédiés au soutien à l'animation des pôles de compétitivité et 600 millions à l'accompagnement des projets collaboratifs de R&D et des projets structurants de plateformes d'innovation des pôles, au travers du fonds unique interministériel.

Cinquante-cinq contrats de performance ont été signés entre les pôles de compétitivité, les collectivités territoriales et l'Etat, qui renforcent en particulier les objectifs des pôles en matière de développement durable.

Le soutien public au cofinancement de plateformes d'innovation (2) vise à mieux répondre au besoin en équipements partagés et services associés mis à la disposition des entreprises et des chercheurs pour leurs travaux de R&D. Ces moyens sont des facteurs puissants non seulement de structuration des pôles de compétitivité, mais aussi d'organisation du travail entre les partenaires, d'ancrage des moyens de R&D sur les territoires et d'attractivité pour d'autres entreprises, chercheurs et talents. Ils ont permis de soutenir vingt-quatre projets sélectionnés, dont quatre projets d'équipements de pointe dans le domaine des ecotechnologies. Ainsi, par exemple, le projet BRI, qui vise la création d'une plateforme de démonstration pour les procédés

de biotechnologie industrielle comprenant une unité de production de sucre, une glucoserie-amidonnerie de blé, une unité de production de bioéthanol et un pilote d'éthanol de deuxième génération, est un des premiers projets à avoir été conventionnés par l'Etat.

L'écosystème des pôles de compétitivité (voir la figure 2) peut être défini comme l'ensemble des éléments qui contribuent à favoriser l'innovation et à générer de la croissance, grâce à :

- ✓ la recherche de meilleures synergies territoriales entre les trois acteurs pivots des pôles : les entreprises (grandes et petites), les centres de recherche et les établissements de formation ;
- ✓ l'intégration accrue des PME au sein des pôles de compétitivité, tant dans les structures de gouvernance que dans le portage des projets ;
- ✓ le développement ciblé et pragmatique, à l'international, pour accéder à des partenariats technologiques et à des marchés potentiels grâce à un rayonnement et à une attractivité accrus ;
- ✓ l'anticipation des besoins en compétences et en qualifications nouvelles, ainsi que de l'adaptation des formations à ces besoins ;
- ✓ l'implication des organismes de financement privés (capitaux-risqueurs, capitaux-développeurs, *business angels*, organismes financiers et bancaires, etc.) permettant d'assurer la croissance des entreprises innovantes des pôles à chaque stade de leur développement,
- ✓ l'appropriation des outils essentiels à la promotion et à la protection des innovations (normalisation, qualité, propriété intellectuelle, intelligence économique, etc.),
- ✓ la mise en œuvre, avec le concours des collectivités territoriales, non seulement d'incubateurs et de pépinières d'entreprises, mais aussi d'une politique de développement urbain, d'infrastructures et de réservations foncières afin d'accroître les synergies locales et de favoriser l'insertion des pôles dans leur territoire.

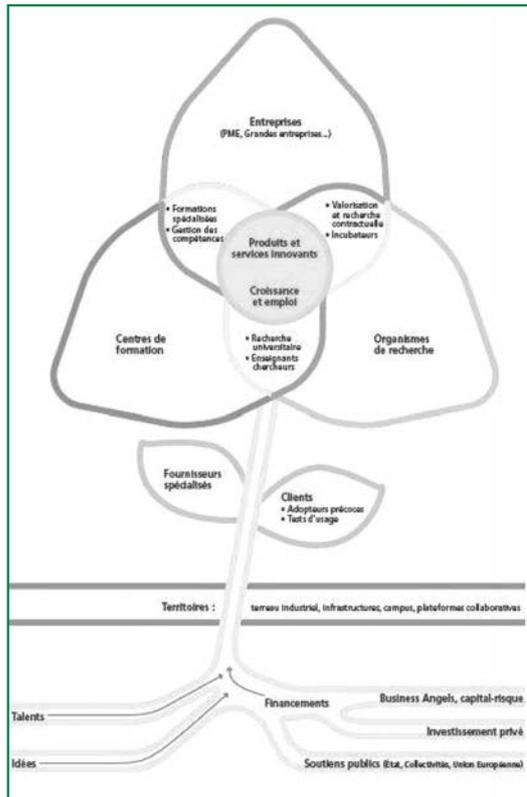


Figure 2 : L'écosystème économique des pôles de compétitivité.

Les actions liées au développement de l'écosystème permettent également d'accroître le potentiel d'innovation et de croissance verte en favorisant l'intégration des pôles de compétitivité dans leur environnement et la prise en compte des interactions économiques, sociales et environnementales.

Fort de ces actions, le bilan de la politique des pôles de compétitivité montre aujourd'hui une forte dynamique de projets de R&D innovants. En cumulé depuis 2005, 886 projets collaboratifs de R&D labellisés par les pôles de compétitivité ont été aidés dans le cadre des appels à projets du fonds unique interministériel. Ces projets représentent des dépenses de R&D de près de 4,6 milliards d'euros et l'activité de 15 000 chercheurs. Ils ont reçu un financement public de 1,7 milliard d'euros, dont 1,1 milliard de la part de l'Etat, auquel s'ajoutent les aides accordées par l'Agence nationale de la recherche et OSEO. Par l'intermédiaire de leurs procédures usuelles, ces agences ont soutenu financièrement 2 915 projets labellisés par les pôles de compétitivité, pour un montant global d'aides de 1,5 milliard d'euros entre 2006 et 2009. Près de 10 % des projets de R&D peuvent être considérés, en moyenne, comme étant liés à la croissance verte.

Les pôles de compétitivité assurent une visibilité internationale aux territoires et aux filières françaises, y compris celles liées à la croissance verte, en maintenant un haut niveau d'excellence. Ils accompagnent la création et l'essor

de PME afin que celles-ci gagnent en stabilité et en maturité économique. Ils répondent aux attentes des entreprises par la cartographie de leurs besoins en compétences ou, encore, par la labellisation de certaines formations.

L'enjeu est aujourd'hui d'aller plus loin et de faire mieux. En conséquence, l'Etat s'emploie à favoriser les coopérations entre les pôles de compétitivité afin d'intensifier le décloisonnement des secteurs et de renforcer la dynamique d'innovation. De la même manière, le développement des relations entre les pôles de compétitivité et leur environnement, sur des questions comme l'apport du financement privé, est aujourd'hui essentiel.

Six nouveaux pôles de compétitivité labellisés dans le domaine des écotecnologies

En 2010, la contribution des pôles de compétitivité à la croissance verte a été renforcée.

En effet, l'évaluation de la première phase de la politique des pôles de compétitivité avait mis en évidence le fait que trop peu de pôles de compétitivité se positionnaient sur les thématiques liées au développement durable. Le plan « Éco-tech 2012 » élaboré par le comité d'orientation stratégique des éco-industries (COSEI) préconisait la création d'un nombre restreint de nouveaux pôles de compétitivité sur la thématique des « éco-industries ».

Ces éco-industries sont, selon l'OCDE, l'ensemble des entreprises qui produisent des biens et des services servant à mesurer, prévenir, réduire ou corriger les atteintes à l'environnement. Leurs activités regroupent la gestion de l'eau, l'assainissement, l'efficacité énergétique du bâtiment, l'exploitation des biocarburants, le recyclage et la valorisation énergétique des déchets, les énergies renouvelables (solaire, éolien, *offshore*, géothermie), notamment. Les éco-industries françaises occupent le quatrième rang mondial, après les Etats-Unis, le Japon et l'Allemagne, et les moyens qu'elles mobilisent sur les marchés extérieurs sont considérables (voir la figure 3).

Dans ce contexte, le 30 juin 2009, le Gouvernement a annoncé la réouverture d'un créneau de trois mois pour le dépôt de dossiers de candidatures afin de sélectionner un

Activités des éco-entreprises	Chiffre d'affaires 2004 En M€
Gestion des déchets et recyclage	12 099
Traitement des eaux usées	12 262
Pollution de l'air	7 737
Administration publique	2 252
Conseil et Audit en environnement	403
Sites et sols pollués	303
Gestion du bruit	207
Fourniture d'eau	10 242
Produits recyclés	5 454
Energie renouvelable	1 194
Protection des milieux naturels	697
Eco-conception des produits et services	----

Figure 3 : Chiffres d'affaires des éco-industries en France. Chiffres nationaux en 2004.

Sources : Eurostat - Commission européenne/DG Environnement).

nombre restreint de nouveaux pôles de compétitivité dans le domaine des écotecnologies.

Cette sélection a respecté les mêmes critères que ceux de l'appel à candidatures initial ouvert en décembre 2004, en tenant compte des domaines déjà partiellement couverts par certains pôles existants (Advancity, Axelera et le pôle Risques, notamment) et des synergies et complémentarités apportées par ceux-ci.

Les critères de sélection précisés dans le cahier des charges étaient notamment :

- ✓ la stratégie (en particulier, la spécificité du thème proposé),
- ✓ la taille du projet de pôle dans ses dimensions industrielles (nombre et nature des entreprises, notamment des PME) et de recherche (capacité en chercheurs publics et privés),
- ✓ la qualité des partenariats,
- ✓ la visibilité internationale.

Le groupe de travail interministériel (GTI), qui anime la politique des pôles de compétitivité et dont le secrétariat est assuré par la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGICIS) et la Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et l'attractivité régionale (DATAR), a réceptionné 19 candidatures, réparties sur 17 régions.

L'expertise de ces candidatures a été confiée aux experts des services ministériels. En parallèle, ils ont été mis à la disposition d'un groupe de personnalités qualifiées présidé par Mme Anne Duthilleul, qui a mené ses propres expertises et rendu ses conclusions de manière indépendante. A l'issue de cette phase d'instruction, le GTI a élaboré des propositions de labellisation.

Lors d'un comité interministériel d'aménagement et de développement des territoires (CIADT) réuni le 11 mai 2010 et présidé par le Premier ministre, le Gouvernement a labellisé six nouveaux pôles de compétitivité dans le domaine des écotecnologies parmi les 19 candidatures reçues. Il s'agit des pôles de compétitivité Avenia, Dream, Eau, Energivie, Gestion des eaux continentales (nouvellement rebaptisé Hydreos) et Team².

- ✓ Le pôle Avenia, situé en région Aquitaine (plus précisément dans le bassin de Lacq-Parentis, dans les Pyrénées Atlantiques), a pour ambition de devenir un centre de référence mondial sur l'ensemble des technologies liées au sous-sol, avec une focalisation particulière sur les technologies de la capture et du stockage du gaz carbonique, de la géothermie profonde, du stockage souterrain de l'énergie et de l'exploration-forage.
- ✓ Le pôle Dream est issu de la fusion de deux structures régionales de la région Centre, le *cluster* Resonat et le *cluster* Dream. En s'appuyant sur les spécificités de l'écosystème régional dans les secteurs de l'eau et des milieux naturels, il se positionne sur les thématiques de l'eau et l'assainissement, de la gestion, du traitement et du recyclage des déchets, de la biomasse comme source d'énergie, des *process* microbiologiques à des fins environnementales, et de la métrologie, y compris l'utilisation des systèmes d'information géographique.

✓ Le pôle Eau regroupe les forces industrielles et scientifiques de trois régions, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées et Provence-Alpes-Côte-D'azur, autour d'une approche globale de la problématique de l'eau, avec une focalisation spécifique sur la ressource en eau (identification et mobilisation des ressources en eau, gestion rationnelle des usages et assainissement en vue d'une utilisation sécurisée, réutilisation des eaux de toute origine, approches institutionnelles et sociétales).

✓ Le pôle Energivie, situé en Alsace, est issu d'un *cluster* régional existant, à l'origine notamment du label Effinergie, un des deux labels européens sur le bâtiment à énergie positive. Ce pôle se positionne sur la thématique du bâtiment durable et de l'efficacité énergétique, avec des développements dans les domaines des bâtiments basse consommation et les bâtiments à énergie positive (conception et construction des ouvrages, équipements de production d'énergie et systèmes de contrôle/commande, industrialisation de solutions technologiques dans le secteur particulier du bâtiment).

✓ Le pôle Hydreos regroupe les forces industrielles et scientifiques de deux régions, la Lorraine et l'Alsace, autour d'une approche ciblée sur la qualité des eaux et sur l'impact de celle-ci sur la santé des populations et des écosystèmes, avec trois domaines opérationnels prioritaires : la maîtrise des polluants, les réseaux et le transport, et la prévention de l'eau et de ses écosystèmes.

✓ Le pôle Team², situé en région Nord-Pas-de-Calais, se positionne sur la valorisation des déchets, des sols et sédiments contaminés, et sur un marché du recyclage en forte croissance dans le contexte de raréfaction des ressources. Ce pôle se positionne aussi sur la valorisation des déchets (déchets du BTP et des plastiques, des métaux rares et des matières premières secondaires ou coproduits pour développer des éco-produits), ainsi que sur l'étude et le traitement des sites et sols pollués (études des sédiments et détection de métaux lourds).

Les trois pôles de compétitivité (Eau, Hydreos et Dream) impliqués dans la thématique de l'eau, dont le marché mondial est estimé annuellement à 200 milliards d'euros, doivent travailler de façon concertée. Une charte sera signée par les structures de gouvernance de ces pôles et le pôle Eau sera le chef de file de cette coordination.

Une nouvelle carte des pôles de compétitivité a donc été dessinée à la suite de ces labellisations et aux décisions (prises par le même CIADT du 11 mai 2010) de ne pas renouveler le label « pôle de compétitivité » de sept des treize pôles qui ne répondaient plus, en 2008, aux objectifs initiaux de la politique des pôles (voir la figure 4).

L'ensemble de ces pôles de compétitivité, par la mise en réseau des acteurs de l'innovation de leur territoire, répondent en fonction de leur taille et de leur spécificité aux objectifs de la politique des pôles de compétitivité, à savoir :

- ✓ développer la compétitivité de l'économie française en accroissant l'effort d'innovation,
- ✓ conforter sur certains territoires des activités à fort contenu technologique ou de création,

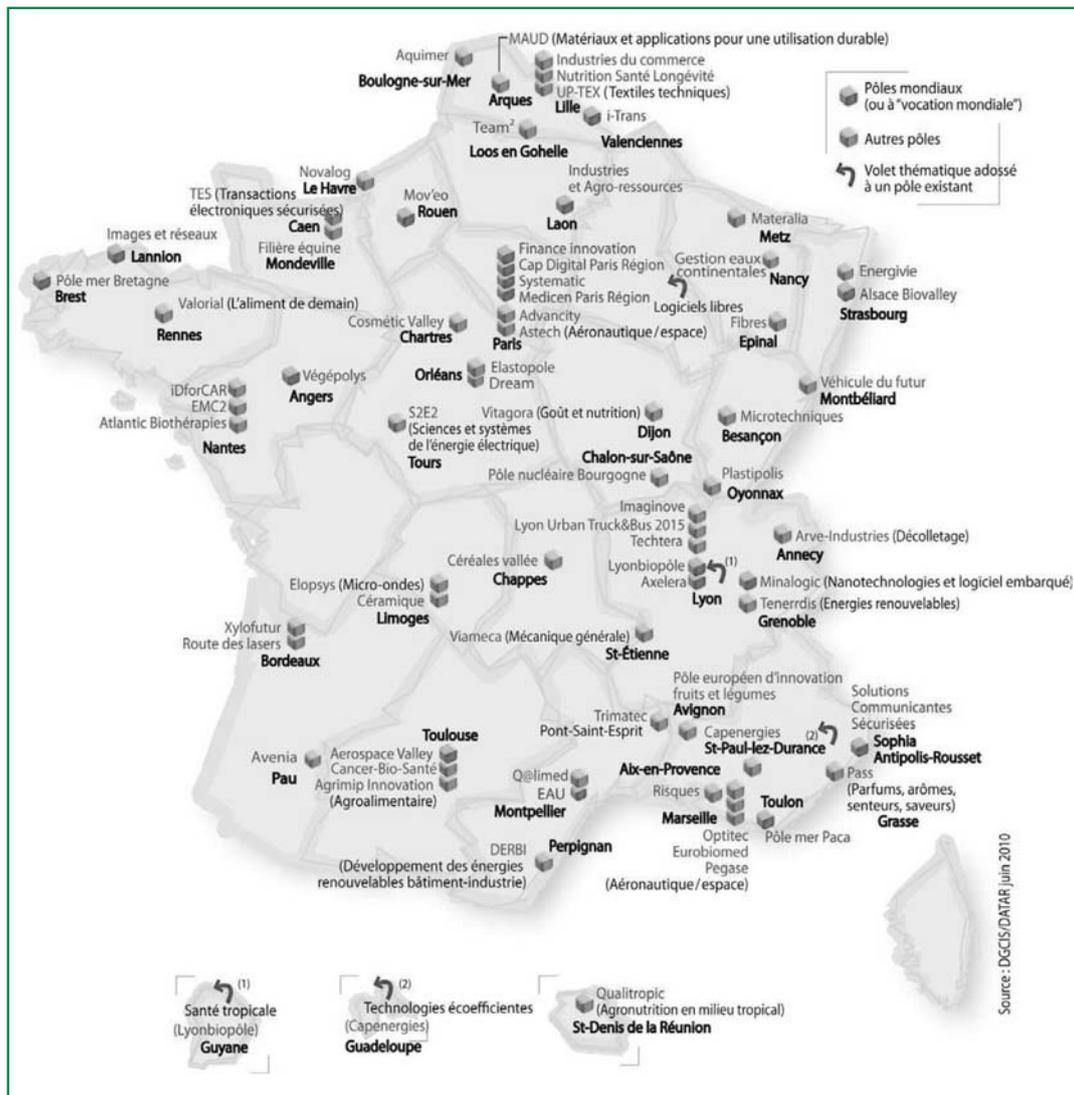


Figure 4 : Les 71 pôles de compétitivité français (juin 2010).

- ✓ accroître l'attractivité de la France grâce à une visibilité internationale renforcée,
- ✓ favoriser la croissance et l'emploi (voir le tableau 1).

Un milliard d'euros pour la mobilisation en faveur de la croissance verte : la création des instituts d'excellence en matière d'énergies décarbonées (IIED) du programme d'investissements d'avenir

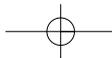
La dynamique de développement des pôles de compétitivité est également très liée au programme d'investissements d'avenir, pour un montant de 35 milliards d'euros, décidé par le Président de la République, le 4 mars 2010.

Les pôles de compétitivité sont concernés, directement ou indirectement, par les cinq domaines prioritaires du

programme d'investissements d'avenir : l'enseignement supérieur et la formation (11 milliards d'euros), la recherche (8 milliards), l'industrie et les PME (6,5 milliards), le numérique (4,5 milliards) et le développement durable (5 milliards).

Une analyse fine des mesures sectorielles du programme d'investissements d'avenir révèle que les pôles de compétitivité et leurs membres seront concernés par un grand nombre d'entre elles. Ce sont ainsi, au minimum, neuf pôles de compétitivité qui sont intéressés directement par les thématiques du développement durable.

Deux mesures, d'une enveloppe globale de 500 millions d'euros, sont spécifiquement dédiées aux pôles de compétitivité : le développement de projets de R&D structurants et celui de plateformes mutualisées d'innovation. Les fonds correspondants seront gérés, pour le compte de l'Etat, res-



RECHERCHE ET INNOVATION POUR VAINCRE LES « VERROUS »

103

Thème	Nombre de pôles	Nom des pôles	Régions des pôles
Eau	4	Dream Eau, Hydreos Mer PACA	Centre Languedoc Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur Lorraine et Alsace Provence-Alpes-Côte d'Azur
Bâtiment, ville	4	Génie civil éco-construction Advancity Derbi Energivie	Pays de la Loire Ile-de-France Languedoc-Roussillon Alsace
Energie	6	Avenia Capénergies S2E2 Tenerrdis Trimatec Mer Bretagne	Aquitaine Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse et Guadeloupe Centre et Limousin Rhône-Alpes Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur Bretagne
Recyclage, économie circulaire	2	Axelera Team ²	Rhône-Alpes Nord-Pas-de-Calais
Biomatériaux, Bois	5	Xylofutur Fibres Industries et agro-ressources MAUD Up-Tex	Aquitaine Lorraine et Alsace Champagne-Ardenne et Picardie Nord-Pas-de-Calais Picardie
Transports (hors aéronautique)	6	IDFORCAR I-TRANS LUTB Mobilité et transports avancés (MTA) et MOVEO(*) Novalog Véhicule du futur	Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes Nord-Pas de Calais et Picardie, Rhône-Alpes Ile-de-France, Basse-Normandie, Haute-Normandie et Poitou-Charentes Haute-Normandie Alsace et Franche-Comté
Total	27		

(*) Les pôles de compétitivité MTA et MOVEO sont en cours de fusion. Ils ne comptent donc que pour un dans le présent tableau.

Tableau 1 : Cartographie des pôles de compétitivité couvrant les domaines de la croissance verte.

pectivement par OSEO et par la Caisse des Dépôts et Consignations.

La mise en œuvre de ces mesures se fait en étroite coordination avec la conduite générale de la politique des pôles de compétitivité. La sélection des projets sera organisée avec l'appui du groupe de travail interministériel (GTI). Les calendriers des différents appels à projets relatifs aux investissements d'avenir seront coordonnés avec ceux des appels à projets du fonds unique interministériel.

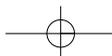
D'autres mesures du programme d'investissements d'avenir sont également étroitement liées à l'activité des pôles de compétitivité. Il s'agit, en particulier, des instituts d'excellence en matière d'énergies décarbonées (IEED), qui visent à « renforcer les écosystèmes constitués par les pôles de compétitivité ». Un montant d'un milliard d'euros géré par l'Agence nationale pour la recherche sera consacré à ces projets.

Ces futurs instituts associent des laboratoires, des industriels et des centres de formation, l'ensemble assurant jusqu'à la valorisation économique des projets de recherche. Ils proposeront des équipements modernes et des équipes de haute qualité en association étroite avec

les membres des pôles de compétitivité. Ils seront dédiés aux énergies décarbonées et concerneront les filières énergétiques porteuses d'avenir ayant un impact positif sur le climat. Il s'agira, par exemple, de l'efficacité énergétique des bâtiments, des outils de maîtrise de l'énergie, de la géothermie, des énergies marines, de l'hydrogène et des piles à combustible, de l'énergie solaire, de la chimie du végétal, des biotechnologies industrielles à finalité énergétique, du stockage de l'énergie, des réseaux intelligents de l'énergie, du captage ou encore du stockage et de la valorisation du CO₂.

Les projets de ces instituts devront avoir été labellisés par les pôles de compétitivité pour être éligibles aux différents appels à projets. C'est au nombre d'une dizaine que ces instituts d'excellence en matière d'énergies décarbonées devraient voir le jour.

Ces mesures, de par leur caractère structurant, représentent pour les pôles de compétitivité une opportunité de construire leur écosystème en se mobilisant afin de redéfinir leur stratégie et de favoriser un déclioisonnement généralisé des acteurs de l'innovation allant au-delà du simple rapprochement public-privé (voir l'encadré 1).



Encadré 1 : Des pôles de compétitivité très impliqués dans le comité d'orientation stratégique des éco-industries

A la suite au Grenelle de l'Environnement, le Comité d'orientation stratégique des éco-industries (Cosei), piloté par la DGCIS et le CGDD, a été constitué. Composé de chefs d'entreprises et de personnalités qualifiées dans les domaines de l'industrie et des technologies de l'environnement, il a pour mission de définir une stratégie public-privé de développement de l'offre française de technologies de l'environnement. Depuis sa création, il a mené plusieurs actions phares :

- ✓ une étude sur les filières des éco-industries, financée par la DGCIS, a conclu à un potentiel de 250 000 emplois et de 50 milliards d'euros d'activités supplémentaires à l'horizon 2020 ;
- ✓ trois groupes de travail ont réfléchi à l'innovation et à la diffusion des écotecnologies, à l'émergence et au développement des petites et moyennes éco-industries, ainsi qu'à l'évolution de la réglementation et de la normalisation visant à renforcer les performances des éco-industries ;
- ✓ le plan "Écotech 2012", lancé le 2 décembre 2008, comporte 21 actions, dont six ont été jugées prioritaires (comme la création d'un nombre restreint de nouveaux pôles de compétitivité dans le domaine des écotecnologies).

Enfin, trois groupes de filières vertes, stratégiques en termes de croissance et d'emplois, ont été identifiés :

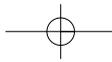
- ✓ les filières à fort potentiel de l'industrie française (biocarburants, éolien, véhicules décarbonés, efficacité énergétique du bâtiment, énergies marines et captage et stockage du CO₂),
- ✓ les filières dont le potentiel doit être renforcé (photovoltaïque, batteries, biomasse matériaux, chimie verte),
- ✓ les filières à développer (recyclage des déchets, biomasse énergie, géothermie profonde).

Notes

* Chef du Service de la compétitivité et du développement des PME, Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services, ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.

(1) Source : étude du Boston Consulting Group pour le MEEDDM, juin 2009.

(2) Une plateforme d'innovation est une structure ouverte à des acteurs de l'innovation, notamment aux entreprises membres des pôles de compétitivité, permettant l'accès à des équipements et services d'excellence. Une plateforme vise à faciliter la conduite de projets de R&D, à mener des tests, à développer des préséries ou des prototypes, voire à servir de laboratoires d'usage (*living labs*).



L'innovation, clé de la croissance verte

Tous nos indicateurs sont formels : les PME françaises se sont emparées des objectifs fixés par l'Europe et par la France en matière de développement durable et les ont transformés en opportunités de marché. Les entreprises rivalisent d'idées, et les initiatives prometteuses pour répondre aux nouvelles contraintes se multiplient, notamment dans les secteurs d'activité de l'énergie, des transports, de la gestion des déchets, du bâtiment et des risques environnementaux. Le coup d'envoi de la croissance verte est donné !

par François DROUIN*

Directive REACH, directive cadre sur l'eau, sur les déchets, sur la performance énergétique des bâtiments : autant de réglementations nécessaires à la préservation de l'environnement, qui sont encore souvent vécues par les industriels et par les grandes entreprises comme des contraintes s'accumulant, freinant leur développement et susceptibles de mettre en péril leur compétitivité. L'expérience d'OSEO est tout autre : en les accompagnant et en les soutenant financièrement dans les étapes clés de leur existence, OSEO devient témoin des tendances majeures qui caractérisent l'activité des petites et moyennes entreprises françaises.

Les enjeux du développement durable sont désormais identifiés comme un vivier d'opportunités ; c'est l'un des faits marquants révélés par notre synthèse 2009 des grandes tendances relatives aux PME et à l'innovation. Avec de nouveaux besoins naissent de nouveaux marchés... Plus souples, plus réactives que les grandes entreprises, les PME se créent ou se recréent autour de projets permettant de répondre aux objectifs définis sur le plan national et européen. Croissance verte ? Oui, assurément. Et la clé de cette nouvelle dynamique tient en un mot : « innovation ».

OSEO : une mission, trois métiers

OSEO est une entreprise publique ayant pour mission de contribuer à faire de la France un grand pays d'innovations et d'entrepreneurs. Concrètement, notre action s'articule autour de trois métiers complémentaires :

- a) Premier métier : le soutien de l'innovation :
- ✓ de l'étude de faisabilité à la mise sur le marché du nouveau produit ou service, nous intervenons auprès des dirigeants d'entreprises à travers l'octroi de subventions, d'avances remboursables ou de prêts à taux zéro ;
 - ✓ nous proposons une offre dédiée pour les initiatives réunissant plusieurs acteurs (entreprises, laboratoires,

instituts de recherche, universités, pôles de compétitivité, etc.) autour d'un projet d'innovation de rupture bénéficiant de perspectives commerciales concrètes : le programme ISI (Innovation stratégique industrielle). L'aide financière se fait sous forme de subventions ou d'avances remboursables ;

- ✓ depuis janvier 2010, OSEO gère, pour le compte de l'Etat, le Fonds unique interministériel, qui finance les projets de R&D portés par les pôles de compétitivité.
- ✓ enfin, nous procédons au rescrit du crédit impôt recherche et délivrons le label « entreprise innovante », qui donne accès aux fonds communs de placement dans l'innovation.

b) Deuxième métier : la garantie des financements bancaires et des interventions des organismes de fonds propres.

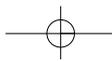
c) Troisième métier : le financement des investissements et du cycle d'exploitation des entreprises aux côtés des établissements bancaires.

OSEO vient compléter l'action du marché en intervenant là où la prise de risque nécessite la mobilisation de financements publics. La conjugaison de nos trois métiers nous permet de proposer un *continuum* de financements à l'entreprise et de l'accompagner ainsi à chaque stade de son développement, de la création à la transmission, en privilégiant les trois accélérateurs de croissance que sont l'innovation, l'investissement et l'international.

Une implication grandissante dans la croissance verte

Des premières initiatives à la lame de fond générée par le Grenelle de l'Environnement, OSEO a accompagné les entreprises engagées dans le pari de la croissance verte avec une implication grandissante.

L'action d'OSEO en matière de développement durable est rendue possible par les fortes collaborations qu'il entre-



tient avec de nombreux partenaires, à l'échelon national, européen, voire international, dont, en premier lieu, le ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, mais aussi l'Agence nationale de la recherche, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, la Caisse des dépôts, les Régions, l'Europe, etc.

C'est ainsi qu'OSEO s'est imposé peu à peu comme un acteur majeur du financement de la croissance verte. Durant l'année 2009, au seul titre de notre activité de soutien de l'innovation, nous sommes intervenus à hauteur de 62 millions d'euros ; concernant les programmes collaboratifs ISI, le tiers de nos financements a été attribué à des projets « verts ». Plus significatifs encore sont les chiffres de nos interventions en garantie et en cofinancement : ainsi, en 2009, ils ont atteint les 300 millions d'euros.

L'énergie, premier cheval de bataille des PME

Cinq secteurs d'activité sont plus particulièrement concernés par la « vague verte » : l'énergie, les transports et la mobilité, le bâtiment, la maîtrise des risques environnementaux et la gestion des déchets.

L'énergie, en tout premier lieu. Avec un investissement de 247 millions d'euros en 2009, l'énergie est « la filière verte » dans laquelle OSEO est le plus actif.

Les initiatives lancées par les PME sont dans la droite ligne des objectifs ambitieux fixés par l'Union européenne et par le Grenelle de l'Environnement en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de diminution de la consommation d'énergies fossiles et de recours aux énergies renouvelables.

OSEO est, aux côtés des entrepreneurs, partie prenante de cette révolution. Par exemple, nous avons cofinancé plus de 40 % des fermes éoliennes mises en service actuellement ! Quant aux centrales solaires au sol, la plupart ont fait l'objet d'une intervention de nos services au titre du financement ou de la garantie, financement des énergies renouvelables (avec notamment des projets d'importance reposant sur la production d'énergie photovoltaïque), mais aussi des projets relatifs au développement des bioénergies (biomasse, biocarburants) et à l'utilisation rationnelle de l'énergie dans l'industrie. Chaufferies de locaux industriels, réseaux de chaleur, centrales de cogénération utilisant la biomasse comme combustible, etc. : les entrepreneurs rivalisent d'idées en la matière, et les initiatives prometteuses ne manquent pas pour répondre à l'un des grands enjeux du XXI^e siècle.

Des efforts massifs en matière de transports et de mobilité durables

La problématique des transports et de la mobilité durables est également au cœur de très nombreuses initiatives. Ainsi, en 2009, la somme de nos interventions sur ce secteur d'activité a atteint les 105 millions d'euros.

Suite aux conclusions du Grenelle de l'Environnement, qui fixe un objectif d'une croissance de plus 25 % de la part du fret non routier et non aérien d'ici à 2012, tout l'écosys-

Encadré 1 : PVI lance un bus urbain 100 % électrique nouvelle génération

Leader français sur le marché du minibus électrique, PVI, une entreprise installée à Gretz-Armainvilliers (en Seine-et-Marne) est reconnue pour son savoir-faire dans le domaine du transport urbain respectueux de l'environnement. Son objectif ? Proposer des véhicules électriques nouveaux, d'un coût moindre et plus performants que les véhicules électriques aujourd'hui commercialisés.

PVI, créée en 2000, compte 140 salariés pour un chiffre d'affaires de 29,7 millions d'euros (en 2009). L'entreprise a tout récemment lancé sur le marché un bus urbain 100 % électrique.

La première phase de ce projet a été labellisée par le pôle de compétitivité « Ville et mobilité durable » en 2006, et financée par la région Île-de-France et par le département de la Seine-et-Marne. OSEO, par le biais d'une aide à l'innovation accordée en 2007, a soutenu la phase 2, qui porte sur le développement de la chaîne de traction électrique et sur son intégration dans une plateforme de minibus. La valorisation économique du projet s'est opérée sous deux formes : commercialisation en direct de bus urbains électriques et commercialisation de kits OEM (*Original Equipment Manufacturer*) destinés aux fabricants intégrateurs de véhicules de voirie et de distribution.

tème français du transport fluvial est en ébullition. Les demandes concernant des prêts (crédit, crédit-bail...) pour permettre à des bateliers, chargeurs, affréteurs, etc., d'innover, de se moderniser et d'exporter leurs produits et services hors de nos frontières, se multiplient.

Les entreprises ne se limitent d'ailleurs pas au secteur fluvial, bien sûr : le ferroutage fait lui aussi l'objet de nombreux projets. De même que les projets portant sur des voitures ou des bus électriques (voir l'encadré 1), la mise au point de nouvelles formules de biocarburant, ou encore l'intégration de systèmes d'information aux finalités multiples, parmi lesquelles la réduction des émissions de CO₂.

Résoudre la problématique « déchets »

Troisième secteur d'activité dans lequel OSEO intervient massivement en faveur des entreprises : la gestion des déchets. Le cadre réglementaire défini par l'Union européenne est particulièrement précis et contraignant. Les collectivités locales et les entreprises sont entrées dans un cercle vertueux de collecte et de tri de leurs déchets, en vue d'un recyclage matière, afin de limiter l'impact des installations classées traitant des déchets industriels, d'encadrer et

de contrôler le stockage des déchets ultimes, voire d'éliminer complètement certains déchets dangereux.

Déchets de la déconstruction, véhicules hors d'usage, pneumatiques, déchets des équipements électriques ou électroniques, matières plastiques, métaux, cartons, etc. : les initiatives soutenues par OSEO dans ce domaine sont aussi nombreuses que variées (voir l'encadré 2). En 2009, la somme de nos interventions s'est chiffrée à 72,5 millions d'euros.

Quelques grandes tendances se dégagent de la multitude de projets soutenus. Il en est ainsi de la dépollution des sites et des sols, qui s'avère être un marché en pleine expansion... La biométhanisation, encore peu développée, semble elle aussi promise à une forte croissance sur notre territoire.

Objectif écobâtiment

L'écobâtiment (un marché porteur s'il en est) est le quatrième secteur d'activité dans lequel OSEO accompagne le plus d'entreprises au titre de la « croissance verte ». En effet, le bâtiment demeure le secteur le plus « énergivore » en Europe ; cela explique que, tout récemment, l'Union européenne ait mis en place de nouvelles normes de performances énergétiques pour le secteur de la construction.

Sur le terrain, les entreprises sont passées à la vitesse supérieure ; OSEO aussi. En 2009, la somme de nos interventions a atteint les 55 millions d'euros. OSEO a en particulier cofinancé et garanti des projets de grande envergure dans les secteurs des constructions neuves, des constructions d'ombrières photovoltaïques de parkings et de la rénovation de bâtiments existants.

Dans le cadre du Programme national de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments (dont OSEO est le deuxième financeur, avec 30 % des aides versées depuis 2005), les projets d'innovation que nous sommes amenés à soutenir portent principalement sur l'industrialisation de nouveaux matériaux (association d'ossature bois et écomatériaux, nouvelles conceptions de matériaux fonctionnels permettant de répondre à des cahiers des charges plus complexes, etc.) et sur leur intégration dans le bâti.

Autre tendance notable : la multiplication de projets de financement de bâtiments neufs intégrant l'installation de panneaux photovoltaïques dans le bâti et les projets prenant en compte la dimension « performance énergétique » des programmes de rénovation de bâtiments existants.

Dernière tendance forte : le développement de technologies visant à réduire l'utilisation d'énergie dans le bâtiment tout en garantissant le confort d'usage. C'est l'un des objectifs du projet Vaicteur Air² porté par l'entreprise savoyarde Ciat. Ce programme a pour ambition de renforcer la maîtrise de la qualité de l'air intérieur, tout en affichant un niveau de consommation d'énergie à la baisse.

La maîtrise des risques environnementaux a le vent en poupe

Cinquième et dernier secteur investi massivement par les entreprises engagées dans la « croissance verte » : la maîtrise

Encadré 2 : Yprema met au point une centrale de recyclage respectueuse de l'environnement

Créée en 1989, l'entreprise francilienne Yprema bénéficie de vingt ans d'expertise dans le domaine du recyclage de matériaux de déconstruction. Elle compte 80 salariés et a réalisé en 2009 un chiffre d'affaires de 18 millions d'euros. En avril 2009, Yprema a inauguré à Emerainville (en Seine-et-Marne) une centrale de recyclage de matériaux issus de chantiers de déconstruction. L'entreprise a massivement investi pour atteindre ses objectifs, à savoir s'intégrer au paysage et respecter l'environnement (mise en place de solutions de réduction des nuisances dues au bruit, à la poussière et au trafic des camions).

Pour la mise en place de cette centrale, l'entreprise a reçu le soutien d'OSEO via un crédit-bail Sofergie. Elle a également bénéficié d'un Contrat développement innovation pour le financement d'un système de gestion des flux logistiques, dans le cadre de la labellisation de son projet « Zéro nuisance ».

se des risques environnementaux et sanitaires. Celle-ci se traduit par le développement de techniques de mesure de plus en plus précises permettant d'évaluer le niveau de pollution des milieux naturels. L'impulsion a été donnée par l'Union européenne, dont les objectifs se sont notamment concrétisés, en France, à travers le plan Ecotech 2012.

OSEO s'est inscrit dans cette dynamique en se faisant partenaire du plan Ecotech, ainsi que de l'appel à projets « Eco-industries », aux côtés de l'Etat et de l'Ademe. Les treize projets sélectionnés dans le cadre de cet appel à projets seront instruits par nos équipes, avec à la clé, pour les entreprises lauréates, le versement de 30 millions d'euros, sur trois ans.

Sur ce marché de la maîtrise des risques environnementaux, le nombre de nos interventions va croissant, principalement à travers notre programme d'aide à l'innovation. Quelles sont les tendances que nous observons, au contact des entreprises ? Il s'agit essentiellement du développement de technologies de métrologie environnementale (voir l'encadré 3), de la création de procédés de traitement des mesures effectuées dans les milieux naturels et, enfin, de la mise au point de solutions dédiées à la réduction des risques (risques majeurs industriels et sanitaires).

Au titre de notre programme « Innovation stratégique industrielle », nous nous sommes impliqués financièrement à hauteur de 9,5 millions d'euros l'an passé. Le projet que nous soutenons – Beata Lux, un projet porté par l'entreprise Clearanor – a pour objectif la mise au point d'un système communiquant comportant des capteurs miniaturisés

Encadré 3 : La métrologie environnementale franchit un cap avec Leosphere

La société francilienne Leosphere propose une gamme d'instruments spécialisés dans les mesures atmosphériques, sur la technologie du Lidar (*Light Detection and Ranging*). Le Lidar fonctionne sur le même principe que le radar mais, au lieu d'utiliser des ondes électromagnétiques de grande longueur d'onde, il se sert de la lumière. Il permet de mesurer, à très grande distance, les composants de l'atmosphère. Deux technologies ont déjà été développées : le Lidar Rétrodiffusion, qui permet de mesurer une densité de poussières jusqu'à 20 kilomètres, et Le Lidar Doppler Vent, qui mesure la force et la direction du vent jusqu'à 5 kilomètres.

Pour donner un exemple concret, ce sont les solutions Leosphere qui ont été utilisées par Météo France en 2010 à l'occasion de l'émission du fameux nuage de cendres par un volcan islandais. Mais les utilisations en sont multiples : optimisation de sites éoliens, terrestres ou maritimes grâce à l'analyse des données récoltées, alerte de départs de feux de forêts, etc.

Créée en 2004, Leosphere, qui compte 56 salariés, a réalisé un chiffre d'affaires de 7,50 millions d'euros en 2009, dont 80 % à l'export.

OSEO a accompagné Leosphere par le biais du financement d'une subvention pour une étude de faisabilité sur la commercialisation du Lidar, par un Prêt pour l'export, par un Contrat développement international, ainsi qu'à travers une garantie de ses prêts bancaires.

permettant un suivi en ligne et en temps réel de la qualité de l'eau.

Des Prêts verts bonifiés pour stimuler la croissance des entreprises

En 2010, le soutien d'OSEO aux entreprises engagées dans la dynamique de la croissance verte connaît un véritable coup d'accélérateur. En effet, le développement durable fait partie des priorités d'avenir retenues au titre de l'emprunt national. OSEO, dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir, se voit confier 300 millions d'euros pour le lancement d'un nouveau produit : le Prêt vert bonifié. Les bénéficiaires sont des entreprises de plus de trois ans et de moins de 5 000 salariés. Les premiers accords seront délivrés en octobre...

Ce Prêt vert bonifié est une offre de financement destinée à soutenir des projets d'investissements compétitifs prenant en compte des enjeux de protection de l'environnement à travers la réduction soit de la consommation d'énergie, soit des émissions de gaz à effet de serre, soit encore de la consommation de matières premières.

Pour être plus précis, il s'agit d'un prêt « mezzanine » d'un montant compris entre 50 000 et 3 millions d'euros, d'une durée de 7 ans, sans garantie, avec un différé d'amortissement du capital de 2 ans. C'est un prêt à effet de levier, puisqu'il est systématiquement associé à des financements extérieurs, à raison de 1 pour 1 au minimum (concours bancaires, apports des actionnaires, sociétés de capital-risque, prêts participatifs...). Il bénéficie d'un taux d'intérêt bonifié correspondant, dans la réglementation européenne, à une aide de *minimis*.

Enfin, OSEO a mis en place un dispositif complémentaire de garantie pour faciliter la mise en œuvre des financements bancaires d'accompagnement.

Nous tenons là un produit essentiel pour encourager les PME et les ETI françaises à investir pour gagner en compétitivité, en réduisant leur consommation d'énergie, en amé-

liorant le recyclage des matières premières, etc. Le caractère incitatif de la bonification permettra la concrétisation de nombreux projets, en partenariat avec des banques que confortera le partage des risques avec OSEO.

Un entrepreneur du Nord-Pas-de-Calais appartenant à la communauté OSEO Excellence** déclarait tout récemment : « Être entrepreneur, c'est transformer les problèmes en projets. »

De tout temps, la contrainte a agi comme un puissant stimulant de la créativité et de l'intelligence humaines. La protection de l'environnement, régie désormais par un cadre national et européen de plus en plus strict, ne fait pas exception à la règle. Toute une génération d'entrepreneurs relève ce défi par sa seule capacité à innover ; nous le constatons tous les jours... En grandissant, leurs entreprises créent de la croissance, de l'emploi, de la richesse, et elles posent les premiers jalons d'une nouvelle ère.

La dynamique « croissance verte » est lancée ! Nous n'en sommes qu'au début d'une longue et belle aventure...

Notes

* Biographie de François Drouin

Diplômé de l'Ecole Polytechnique et de l'ENPC (corps des Ponts), François Drouin, 59 ans, a débuté sa carrière comme ingénieur à la Direction Régionale de Navigation du Nord-Pas-de-Calais.

En 1985, il devient délégué régional de la Caisse des Dépôts et Consignations et du Crédit Local de France pour la Normandie, puis directeur régional pour la Bourgogne.

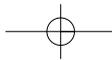
Entre 1989 et 2003, il sera nommé successivement président du directoire de la Société Régionale de financement (Sorefi) des Caisses d'Épargne de Midi-Pyrénées, et de la Caisse d'Épargne de Midi-Pyrénées.

Il a présidé le directoire du Crédit Foncier de France de 2003 à 2007.

En 2007, il devient président-directeur général d'OSEO.

Il a été renouvelé dans ses fonctions en juillet 2010.

** La communauté numérique OSEO Excellence réunit des entrepreneurs clients d'OSEO, tous sélectionnés pour leur fort potentiel de croissance. A ce jour, elle compte aujourd'hui plus de 1 500 membres.



Du fonds démonstrateur aux investissements d'avenir : promouvoir une offre française dans le domaine des technologies vertes

La croissance verte est-elle une croissance durable ?

L'expression « croissance verte » repose, le plus souvent, sur l'idée que les nouvelles technologies et les nouveaux services de l'environnement vont générer une nouvelle croissance et créer de nouveaux emplois, qui viendront se substituer à ceux des secteurs en déclin. Partant, les nouvelles technologies « vertes » sont perçues à l'instar d'autres technologies innovantes, comme les TIC ou les biotechnologies, c'est-à-dire certes avec un potentiel d'activités nouvelles, mais aussi de risques de bulles et de cycles.

par François MOISAN*

Pourtant il y a une différence substantielle entre les technologies qui émergent du progrès technique « spontané » et les technologies vertes : les innovations vertes répondent à des enjeux sociétaux qui se traduisent par des objectifs politiques de long terme et des mesures de politiques publiques. On peut arguer d'une attractivité des technologies vertes pour les consommateurs et leurs utilisateurs, mais le fondement même de la dynamique de la croissance verte reste lié à des objectifs de politiques publiques : les perspectives de réglementations nationales, les directives européennes, les négociations internationales sont autant de facteurs qui justifient d'anticiper et d'innover afin de répondre aux défis environnementaux.

Toutes les innovations visant une économie à faible teneur en carbone misent sur des décisions des Etats, qui donneront, à terme, une valeur au carbone, cela, malgré les incertitudes pesant sur les progrès réalisés par les négociations sur le climat.

Une autre caractéristique de ces enjeux est le fait qu'ils relèvent, le plus souvent, du moyen ou du long terme (2050 étant l'horizon politique actuel de la lutte contre le changement climatique), ce qui permet d'inscrire la croissance verte dans une dynamique transcendant les cycles conjoncturels.

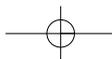
Mais ces caractéristiques de la croissance « verte » ne signifient pas, néanmoins, que toutes les innovations se concrétiseront, que les politiques publiques ne subiront pas des contrecoups ou des reculs ou que des objectifs publics ne seront pas remis en cause... : simplement, elles créent un contexte normatif qui est différent de celui des innovations portées par le seul « progrès technique ».

C'est ainsi que le défi du changement climatique ouvre un vaste champ pour l'exploration de nouvelles technologies et suscite une forte motivation pour innover.

Les vives discussions actuelles autour des incertitudes (ou des failles) de l'expertise scientifique sur l'évolution du climat ne remettent pas en cause la vision de plus en plus partagée selon laquelle nous devons adapter nos sociétés et nos économies à un monde beaucoup moins carboné à l'horizon 2050. Les engagements de nombreux gouvernements sur le « facteur 4 » (consistant à diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre dans les pays développés, d'ici à 2050) rencontrent globalement l'adhésion des entreprises du fait qu'ils procurent un minimum de « clarté » à un avenir très incertain. Tous s'accordent sur un diagnostic : cet objectif est très ambitieux et ne peut être atteint sans une modification profonde à la fois de nos modes de vie et de notre « système technique » ; il nécessite l'émergence de technologies de rupture et de nouvelles organisations de la production et de la consommation.

Ce sont les enjeux environnementaux qui dictent les échéances des innovations

Un tel objectif, à un horizon aussi lointain que 2050, se traduit par une contrainte très forte sur le rythme des innovations : si les différentes options d'une société faiblement émettrice en carbone doivent avoir été déployées en 2050, celles-ci devront avoir émergé sur les marchés autour des décennies 2020 et 2030. En effet, les délais de remplacement des parcs d'équipements sont généralement de l'ordre de plusieurs décennies, pour les véhicules ou pour les équi-



pements domestiques, voire bien plus encore, pour les grandes installations industrielles ou pour les bâtiments.

Les différentes options qui nous permettront de relever ce défi existent d'ores déjà dans les laboratoires et il est nécessaire d'en accélérer l'expérimentation, même si la maturité des marchés est à un horizon se situant entre 10 et 15 ans. Nous disposons de nombreuses options qui sont susceptibles de contribuer aux objectifs de réduction des émissions, qu'il s'agisse d'options technologiques (de recours aux énergies renouvelables et d'amélioration de l'efficacité énergétique) ou d'options organisationnelles visant à inventer de nouvelles formes de mobilité urbaine, de nouvelles formes d'habitat, mais dont la faisabilité scientifique, technique ou sociétale n'est pas totalement acquise (pour nombre d'entre elles, on en est encore à un stade encore éloigné de l'innovation, étant donné qu'elles n'ont pas encore été mises à l'épreuve par leurs utilisateurs potentiels).

Cette situation a conduit, lors du Grenelle de l'Environnement, à identifier la nécessité d'accélérer le processus d'innovation en promouvant des « démonstrateurs de recherche », qui ont pour objectif d'expérimenter, dans des conditions réelles d'utilisation, des technologies (ou des organisations) encore au stade de la R&D afin d'en évaluer la faisabilité, très en amont de l'ouverture de marchés.

Des feuilles de route pour fixer les priorités des démonstrateurs de recherche

Pour tous les acteurs de l'innovation, l'anticipation des ruptures technologiques est un exercice risqué ; c'est bien évidemment le cas en ce qui concerne les technologies vertes.

De nombreuses options peuvent concourir, mais toutes ne seront pas au rendez-vous, et il n'y a pas de méthode infallible qui permettrait de sélectionner celles qui seront des réussites techniques et trouveront un marché en entraînant l'adhésion des citoyens consommateurs. Dans le contexte des technologies vertes, le rôle des pouvoirs publics en tant que « prescripteurs » non pas des solutions techniques en elles-mêmes, mais de leur impact sur les enjeux de l'environnement, est un élément clé de la nécessaire concertation entre les gouvernements et les acteurs de l'innovation.

Dans la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, l'Ademe a ainsi été chargée d'élaborer des feuilles de route pour les différentes options de réponse au changement climatique, l'objectif étant de partager les visions que peuvent avoir les différentes parties prenantes au possible déploiement de ces options technologiques et organisationnelles, dans un avenir éloigné.

Contrairement à une démarche consistant en une pure projection des potentialités scientifiques et technologiques, l'exercice est normatif, dès lors qu'il présuppose que les diverses options portées par les acteurs de la recherche et du développement (entreprises, laboratoires, économistes et utilisateurs) contribueront à l'atteinte des objectifs environnementaux.

La question posée aux experts participants à l'élaboration de la feuille de route est celle-ci : « Si l'option que vous portez se déploie de façon généralisée à un horizon lointain (2050), quelle vision peut-on partager, de la société et de son économie, compte tenu de ce déploiement ? ».

Concrètement, il peut s'agir d'élaborer une vision dans laquelle l'énergie photovoltaïque aura conquis de nombreux marchés et équipera une grande proportions des bâtiments, qui seront ainsi « à énergie positive » (1) et dans laquelle cette énergie contribuera ainsi de façon significative à répondre aux enjeux énergétiques et environnementaux, il peut s'agir aussi d'une vision de la mobilité urbaine qui soit durable à long terme, dans laquelle non seulement les technologies et la répartition des différents modes de transport, mais aussi les services de mobilité permettront de réduire fortement l'empreinte écologique de nos déplacements urbains. A partir de ces visions positives (qui se veulent cohérentes mais qui n'en sont pas pour autant probables), l'élaboration de la feuille de route repose sur une démarche de *back casting*, consistant à identifier les verrous faisant obstacle au déploiement de ces options, les barrières à lever et les trajectoires possibles pour y parvenir.

La mise en œuvre de démonstrateurs de recherche est une étape essentielle de la validation des différentes ruptures technologiques et organisationnelles : en expérimentant en vraie grandeur et dans des conditions réelles de fonctionnement les options les plus prometteuses, on doit résoudre des problèmes techniques qui ne peuvent l'être aux seuls niveaux de la maquette de laboratoire ou de la simulation sur ordinateur. C'est également le moyen d'identifier et de valider les « plans d'affaire » de nouvelles activités (celles-ci seront-elles à même de créer de la valeur ?). C'est aussi le moyen de valider leur acceptabilité sociale et sociétale pour peu que lesdits démonstrateurs relèvent d'expérimentation impliquant le public. Enfin, en cas de succès, ce sont des vitrines du savoir-faire des porteurs de ces options. Ces démonstrateurs ne constituent certes pas la phase ultime du développement des technologies avant leur industrialisation, mais bien une étape du processus de recherche en lui-même puisque leur expérimentation conduira à identifier de nouvelles pistes de recherche.

Deux ans de mise en œuvre des démonstrateurs

Un fonds de soutien public à la réalisation de démonstrateurs ciblés sur les nouvelles technologies de l'énergie a donc été mis en place en 2008. Cet espace de recherche recouvre les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique dans les différents secteurs de consommation de l'énergie, ainsi que les technologies de réduction des émissions de CO₂ telles que le captage et le stockage (CSC).

Les premiers domaines ayant fait l'objet de feuilles de route et d'appels à manifestation d'intérêt adressés aux industriels pour la réalisation de démonstrateurs de recherche ont été les véhicules à faibles émissions de CO₂ (hybrides ou électriques), les biocarburants de seconde génération et les technologies du CSC. Ces deux dernières



Figure 1 : Captage et stockage du CO₂ et biocarburants de seconde génération.

filiales technologiques constituent des options dont la faisabilité technique et économique n'est pas encore prouvée et dont les marchés potentiels sont, en tout état de cause, à moyen ou long terme (au-delà de 2020).

Les biocarburants de seconde génération [1] pourraient lever un certain nombre des handicaps qui affectent ceux de première génération (du fait de leur moindre concurrence avec les cultures alimentaires par une valorisation de la partie lignocellulosique des plantes et d'un meilleur bilan environnemental global). Mais la performance technico-économique de leurs technologies de production, la dimension des usines de transformation de la biomasse en regard de la ressource disponible dans un périmètre accessible doivent encore établir leur faisabilité industrielle ; le passage par des démonstrateurs de dimension industrielle reste nécessaire.

Le captage et le stockage du CO₂ [2] au sein des unités industrielles ou dans les centrales électriques fonctionnant aux combustibles fossiles pourraient s'avérer une option transitoire crédible pour diminuer les émissions de CO₂ dans l'atmosphère, notamment dans les pays dont le bouquet énergétique est constitué par le charbon pour une large part (la Chine, l'Inde, l'Afrique du Sud, mais aussi la Pologne ou l'Allemagne).

La France dispose d'un savoir-faire important tant au niveau des laboratoires publics que des entreprises, des équipementiers ou des énergéticiens. L'option du stockage géologique sous aquifère salin a été privilégiée en raison des possibilités importantes de déployer cette technique au niveau mondial. Deux démonstrateurs de captage et un projet de stockage ont été sélectionnés afin d'évaluer le potentiel que représente notamment le bassin parisien, ainsi qu'un projet intégré de captage + stockage pour un haut-fourneau sidérurgique (c'est le seul projet, au niveau mondial, qui soit appliqué dans cette filière, tous les autres concernant des centrales électriques) (voir la figure 1).

Les véhicules à faibles émissions de CO₂ constituent eux aussi un fort enjeu environnemental et industriel. La feuille de route élaborée préalablement aux appels à manifestation d'intérêt [3] avait identifié l'option d'un petit véhicule urbain léger et facilement électrifiable, car ne nécessitant pas une large autonomie. Deux appels à manifestation d'in-

térêt ont ainsi été ouverts, l'un en 2008 et l'autre en 2009, qui ont rencontré un large succès. Vingt-trois projets de démonstrateurs ont été sélectionnés, représentant près de 300 millions d'euros de budget de R&D. Ces projets ont concerné non seulement les véhicules légers, mais aussi les véhicules utilitaires (assurant les livraisons, en ville), les autobus et les poids lourds, ainsi que les tricycles ou les quadricycles à moteur (les TQM). Les équipementiers français de l'automobile ont ainsi pu expérimenter des technologies de rupture, en amont d'une éventuelle phase d'industrialisation, comme par exemple l'hybridation croissante des motorisations, depuis le « Stop & Start » équipant des véhicules d'ores et déjà commercialisés, jusqu'à des puissances électriques beaucoup plus importantes, ou encore comme le développement de « moteurs roues » électriques intégrant dans la roue non seulement le moteur de traction, mais aussi la suspension, la direction et un système de freinage sans pincement permettant de récupérer de l'énergie électrique) pouvant s'appliquer aussi bien à des véhicules légers qu'à des autobus. Plusieurs concepts de TQM ont également été sélectionnés, ainsi que des expérimentations de flottes de véhicules hybrides sur un territoire disposant de bornes de recharge en électricité (voir la figure 2).

Il est sans doute encore trop tôt pour pouvoir dresser un bilan technique de tous les projets engagés depuis 2008, certains d'entre eux nécessitant une expérimentation s'étendant sur une durée de l'ordre de cinq ans. Selon les industriels bénéficiaires de ces aides publiques, un des acquis déjà observés est le fait d'avoir dans bien des cas « appris à travailler ensemble ». Chaque projet est en effet porté par un consortium industriel et de recherche associant plusieurs entreprises et des laboratoires publics. Au-delà de l'objet technique soumis à expérimentation, on voit bien que la construction du projet lui-même et que la participation à la feuille de route mettent à l'épreuve les stratégies industrielles sous-jacentes.

En 2009, d'autres feuilles de route ont été réalisées et de nouveaux appels à manifestation d'intérêt ont été lancés par l'Ademe :

✓ dans le domaine des énergies marines [4], où la France dispose d'un gisement potentiel très important et des industriels impliqués dans différentes options, comme

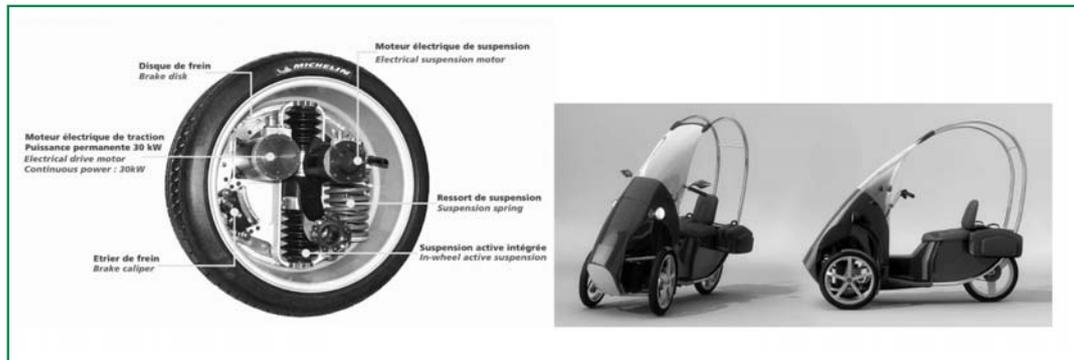


Figure 2 : Moteur roue Michelin et Tricycle urbain électrique.

les hydroliennes, l'éolien flottant, l'énergie de la houle et l'énergie thermique des mers (voir la figure 3),

- ✓ dans le domaine des réseaux électriques intelligents [5], qui devront intégrer une part croissante de production d'énergies renouvelables décentralisées et intermittentes.

La feuille de route a ainsi identifié les fonctionnalités auxquelles devront répondre les projets de démonstrateurs, à savoir :

- ✓ faciliter l'insertion massive dans le réseau de la production distribuée, notamment à partir de ressources renouvelables,
- ✓ permettre des actions significatives de gestion de la demande et de la production intermittente, y compris avec des moyens de stockage, afin de limiter le recours à des moyens de production fortement émetteurs de CO₂, de garantir l'équilibre entre l'offre et la demande, en cas d'indisponibilité des ressources intermittentes,
- ✓ anticiper l'évolution de l'environnement des réseaux, à savoir le déploiement des compteurs intelligents, l'émergence des bâtiments à énergie positive, les véhicules électriques et/ou hybrides rechargeables, etc.,
- ✓ expérimenter de nouveaux modèles d'affaires favorables à la structuration des acteurs des systèmes électriques intelligents (comme, par exemple, des agrégateurs permettant d'écrêter les pics de la demande d'électricité),

tout en veillant à ce que soient pris en compte les aspects environnementaux et sociaux (voir la figure 4).

Au-delà du fonds démonstrateur de recherche, les investissements d'avenir

La Commission du grand emprunt présidée par MM. Juppé et Rocard en 2009 a fait explicitement référence aux démonstrateurs de recherche, dont elle a présenté la création comme une action devant se poursuivre et s'amplifier : « Il convient d'expérimenter de nouvelles technologies dans les énergies décarbonées (captage-stockage de CO₂, stockage de l'énergie, énergie solaire, biocarburants de troisième génération, mais aussi énergies marines et géothermie en outremer, efficacité énergétique des bâtiments...) et l'économie du recyclage, en développant des démonstrateurs et des plateformes coopératives d'expérimentation ». Parallèlement à cette action sur les démonstrateurs et plateformes technologiques, le grand emprunt vise également à renforcer le potentiel de recherche et notamment à créer des instituts de recherche d'une excellence de niveau mondial, travaillant sur les énergies décarbonées.

A la suite du rapport de cette commission, plusieurs programmes « d'investissements d'avenir » ont été identifiés et confiés par le Commissariat Général aux Investissements à des opérateurs. L'Ademe a été chargée de la mise en œuvre

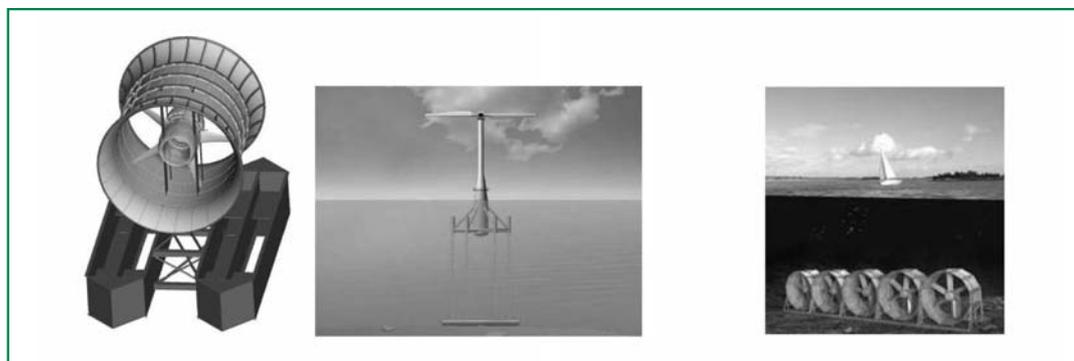


Figure 3 : Energies marines (hydroliennes, éolien flottant).

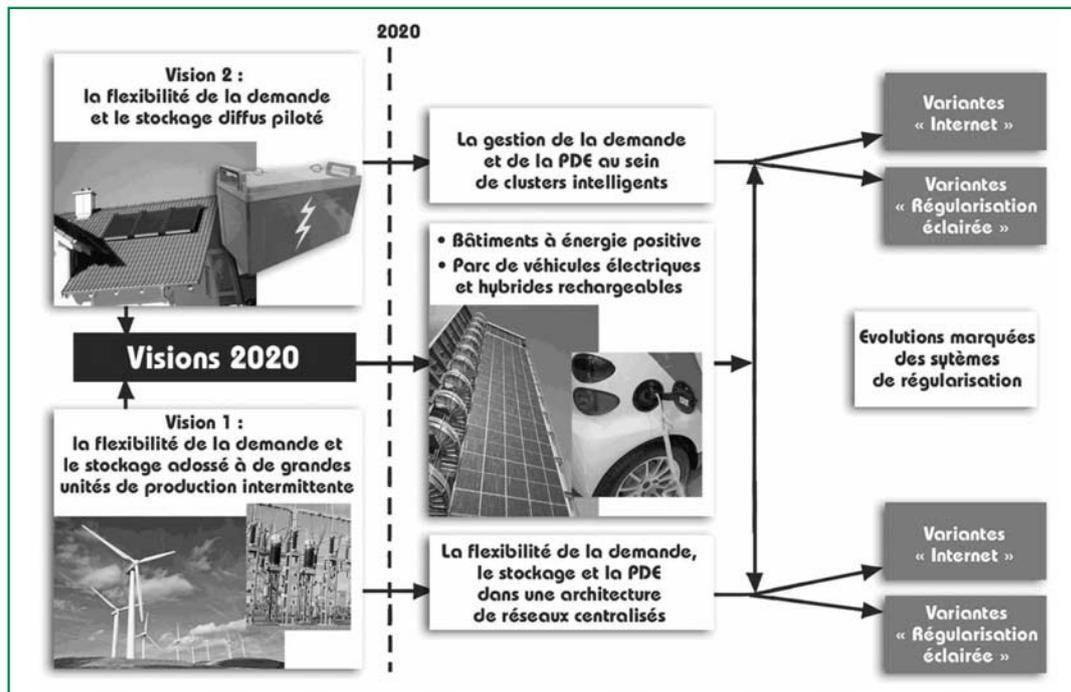


Figure 4 : Les visions partagées des réseaux électriques à long terme (Feuille de route Réseaux électriques du futur).

de quatre programmes visant à poursuivre et amplifier le soutien aux initiatives en matière de développement de nouvelles technologies « vertes » déjà engagées dans le cadre du fonds démonstrateur de recherche : un programme sur les énergies décarbonées (qui recouvre non seulement l'ensemble des énergies renouvelables, mais aussi les bâtiments intelligents, le captage et stockage du CO₂, un programme sur les véhicules du futur (routier, maritime et ferroviaire), un programme sur les réseaux électriques intelligents et un programme sur l'économie circulaire (tri, recyclage et valorisation des déchets, dépollution des sols, éco-conception des produits).

Le total des crédits publics consacrés à ces quatre programmes s'élève à 2,85 milliards d'euros sur une période d'engagement de cinq ans. Par ailleurs, le programme consacré à la création d'un institut d'excellence sur les énergies décarbonées, doté d'un milliard d'euros, est géré par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) (voir la figure 5).

Ainsi, les investissements d'avenir ont pour finalité de poursuivre et d'amplifier l'action du fonds démonstrateur de recherche en en démultipliant les moyens et en élargissant son domaine d'intervention aux technologies de l'environnement, en dehors des technologies de l'énergie (économie circulaire). Leur finalité est également d'aller plus en aval, en soutenant des expérimentations plus proches de l'industrialisation et du marché, l'objectif étant alors de créer des actifs industriels assurant un retour financier direct vers l'Etat, sous la forme d'avances remboursables ou de prises de participation au capital de sociétés en croissance rapide.

La largeur du spectre des soutiens publics dans le champ des technologies vertes doit permettre d'accélérer l'innovation en cohérence avec les enjeux environnementaux de long terme : ainsi, la réduction des émissions de CO₂ par un facteur de l'ordre de 4 à long terme va induire des ruptures technologiques importantes par rapport aux tendances des marchés actuels (par exemple, dans le domaine de l'automobile, ou dans celui de l'énergie). L'approche stratégique consistant à réaliser des feuilles de route par domaine afin de cibler les priorités et de partager les inflexions ou ruptures attendues avec les industriels a été confirmée pour ce qui concerne les investissements d'avenir. Elle devrait permettre de mettre en cohérence les stratégies industrielles et commerciales de court terme avec le plus long terme, de sortir progressivement du *lock in* (2) technologique dans certains domaines et d'éviter certaines impasses technologiques eu égard aux enjeux environnementaux. Ainsi, la question n'est pas celle de savoir si nous faut de nouvelles technologies en rupture avec l'automobile à motorisation thermique conçue pour rouler sur autoroute, pour parvenir à une mobilité urbaine durable, mais bien celle de savoir qui fabriquera les véhicules de demain qui seront adaptés à la circulation en ville. Elle n'est pas non plus de savoir si les énergies renouvelables décentralisées auront leur place dans le bouquet énergétique en 2030 ou en 2050, mais bien de savoir si nous devons importer ces technologies ou si celles-ci créeront des emplois sur le territoire national.

L'enjeu des investissements d'avenir est l'adaptation de l'outil industriel national aux impératifs environnementaux de demain. Face aux incertitudes, il ne saurait s'agir de

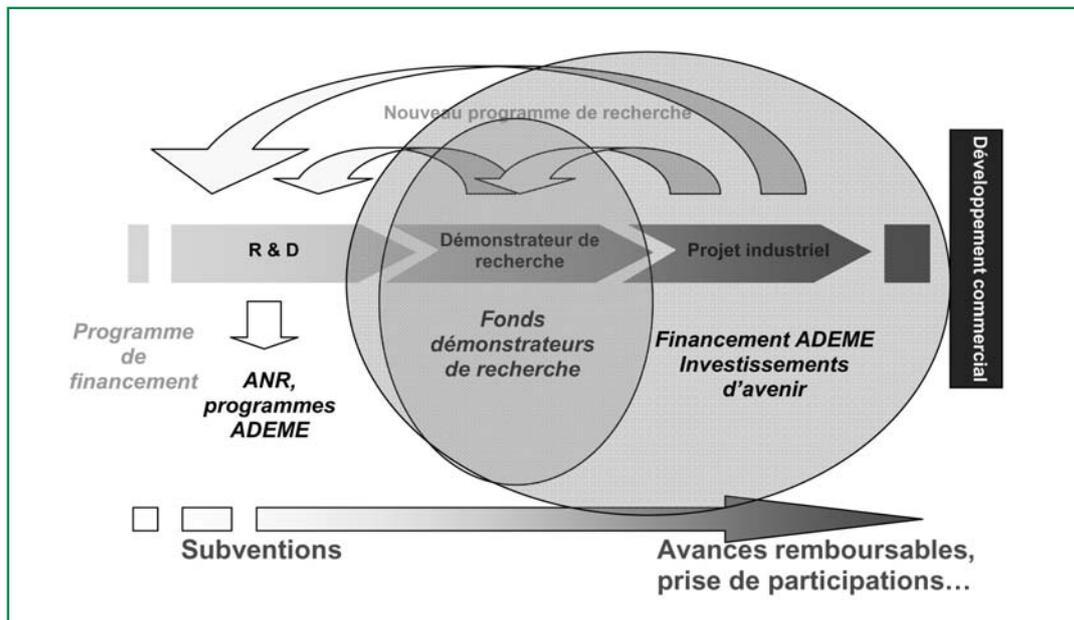


Figure 5 : Les interventions publiques dans le processus de R&D des technologies vertes.

miser sur une unique option technologique qui serait le fleuron du savoir-faire français, mais bien d'explorer toutes les pistes sur lesquelles les entreprises françaises sont susceptibles d'être significativement présentes dans les marchés internationaux, même si les enjeux économiques concernent surtout l'exportation (c'est le cas de la filière captage et stockage du CO₂ ou encore de celle du solaire thermodynamique à concentration). Un certain nombre de domaines techniques ont ainsi été identifiés afin de cibler les interventions de l'Etat incitant à des investissements d'avenir dans les technologies vertes, dont les trois domaines ci-après.

Dans le domaine de la ville durable :

- ✓ Les bâtiments à énergie positive [6], qui seront la norme pour les nouvelles constructions à partir de 2020 et qui sous-tendent des emplois non délocalisables. Ces bâtiments créeront un vaste marché pour le photovoltaïque [7] intégré au bâti, un ensemble de technologies pour lesquelles les industriels français peuvent prétendre à une place au niveau mondial, tant sur le plan des technologies de moyen et long terme que de l'intégration des modules au bâti ;
- ✓ Les réseaux électriques intelligents, qui vont créer de nouvelles activités liées aux services d'efficacité énergétique dans les logements et dans le tertiaire, ainsi qu'aux stockages de l'énergie à différentes échelles et à différents maillons des réseaux (adossés aux centrales électriques ou chez l'utilisateur). Ils devront également résoudre les défis du déploiement massif des véhicules électriques et hybrides rechargeables, afin de limiter le recours à une électricité de pointe carbonée ;

- ✓ Les technologies des véhicules routiers, des véhicules légers spécifiquement urbains et des véhicules utilitaires légers ou des poids-lourds. Ce domaine est particulièrement stratégique en raison du poids de la construction automobile dans l'économie nationale et des ruptures à réaliser en termes de modèle industriel. Les différentes options de la mobilité urbaine de demain [8] méritent également d'être expérimentées afin de mieux en cerner les faisabilités technique, économique et sociétale (interopérabilité des modes de transports et des services de mobilité).

Dans le domaine de la production durable :

- ✓ Les énergies renouvelables marines, en raison du savoir-faire des équipementiers français et de l'important gisement lié à notre façade maritime métropolitaine, mais aussi dans les communautés d'outre-mer.
- ✓ La filière solaire thermodynamique [9], en raison de l'enjeu à l'exportation dans les pays méditerranéens et africains ;
- ✓ La filière du captage, du stockage et de la valorisation du CO₂ compte tenu du savoir-faire national, non seulement pour l'export, mais aussi pour le maintien sur le territoire national d'industries actuellement encore fortement émettrices de CO₂ ;
- ✓ La production de biocarburants avancés à partir de bois, de déchets ou de cultures d'algues.

Dans le domaine de la consommation durable :

- ✓ Les technologies de collecte, de tri et de recyclage des déchets, domaine dans lequel la France dispose de



Figure 6 : Bâtiments à énergie positive et mobilité durable.

grands opérateurs constituent des champs d'innovation encore peu explorés.

- ✓ Les différentes options d'éco-conception des produits de consommation courante.

A l'intérieur de ces différents domaines, d'autres options méritent également d'être explorées, comme la géothermie profonde, le grand éolien ou les piles à combustible, ou encore les technologies ferroviaires et maritimes, qui constituent des alternatives à la route et au transport aérien fortement émetteurs de CO₂ et pour lesquelles il existe une offre française très performante.

Ces différentes options technologiques et organisationnelles peuvent, chacune, contribuer aux enjeux de la transformation de notre croissance et de son modèle technique.

Le rôle de l'Ademe, en tant qu'opérateur de ces programmes d'investissements d'avenir, consiste à accélérer le développement, tout en s'assurant que les entreprises partagent ces visions et les risques inhérents au processus de R&D, et tout en soutenant des expérimentations, en amont des marchés.

Notes

* Directeur scientifique, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe).

(1) Un bâtiment à énergie positive est un bâtiment générateur d'énergies renouvelables dont les consommations d'énergie sont suffisamment faibles pour que leur bilan énergétique net soit positif.

(2) Le *lock in* technologique est le phénomène faisant qu'une technologie déjà déployée dans un secteur peut contribuer à y bloquer les innovations.

Bibliographie

(les diverses feuilles de route sont disponibles sur le site www.ademe.fr) :

[1] : Ademe, feuille de route « Biocarburants de seconde génération », 2008.

[2] : Ademe, feuille de route « Captage et stockage du CO₂ », 2008.

[3] : Ademe, feuille de route « Véhicules à faible émissions de CO₂ », 2008.

[4] : Ademe, feuille de route « Energies marines », 2009.

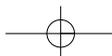
[5] : Ademe, feuille de route « Réseaux électriques intelligents », 2009.

[6] : Ademe, feuille de route « Bâtiments et îlots à énergie positive et à faible contenu carbone », 2010.

[7] : Ademe, feuille de route « Solaire photovoltaïque », 2010.

[8] : Ademe, feuille de route « Mobilité urbaine durable », 2010.

[9] : Ademe, feuille de route « Solaire thermodynamique », 2010.



Politique énergétique européenne : quelles stratégies technologiques, pour une croissance intelligente et durable ?

L'Europe a pris très tôt conscience des limites de son modèle de croissance. En effet, les ressources énergétiques s'épuisent, de même que les modes de production industrielle et les modes de consommation ont un impact négatif sur le développement durable.

Face à la double urgence constituée par un besoin croissant en énergie et par le changement climatique, un vaste ensemble de politiques et de mesures se sont progressivement assemblées au sein de l'Union européenne (UE). Cette volonté a abouti à l'adoption du paquet énergie-climat par les dirigeants européens en 2009.

par Raffaele LIBERALI*

La stratégie Europe 2020

La Commission européenne a souhaité aller plus loin en proposant un nouveau modèle de croissance à l'Union européenne à travers une stratégie politique intitulée « Europe 2020 : une stratégie pour une croissance intelligente, durable et inclusive ». Elle succède à la stratégie de Lisbonne pour la croissance et l'emploi.

Europe 2020 s'articule autour de trois priorités qui se renforcent mutuellement :

- ✓ une croissance intelligente pour développer une économie fondée sur la connaissance et l'innovation ;
- ✓ une croissance durable par la promotion d'une économie plus efficace dans l'utilisation des ressources, plus verte et plus compétitive ;
- ✓ une croissance inclusive visant à encourager une économie à fort taux d'emploi favorisant la cohésion sociale et territoriale.

L'innovation est au cœur de cette stratégie qui réaffirme, tout d'abord, trois objectifs clairs devant être atteints au plus tard en 2020 :

- ✓ réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) de 20 % par rapport au niveau de 1990 ;
- ✓ assurer une proportion de 20 % de sources d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique de l'Union européenne ;
- ✓ réduire la consommation d'énergie primaire de 20 %.

La stratégie 2020 s'appuie également sur une « vision 2050 », c'est-à-dire sur une réduction allant de 80 % à 95 % des émissions de GES en Europe à l'horizon 2050.

Ces objectifs sont, on le voit, très ambitieux : ils ne pourront être atteints que grâce à la mise en place d'une offre plus importante en énergies propres et bon marché, c'est-à-

dire grâce à une offre énergétique nouvelle, fondée sur des avancées technologiques.

L'innovation technologique au service de la stratégie Europe 2020

Dans sa nouvelle stratégie Europe 2020, la Commission européenne invite les États membres à transcrire les cinq objectifs ci-après en actions nationales :

- ✓ 75 % de la population âgée de 20 à 64 ans devrait avoir un emploi ;
- ✓ 3 % du produit intérieur brut de l'UE devrait être investi dans la recherche et le développement (R&D) ;
- ✓ les objectifs énergétiques et climatiques (dits « 20/20/20 ») doivent être atteints ;
- ✓ le taux d'abandon scolaire devrait être ramené au-dessous des 10 %, et au moins 40 % des jeunes générations devraient obtenir un diplôme ;
- ✓ le nombre de personnes menacées par la pauvreté doit être réduit de 20 millions.

Pour réaliser ces objectifs, la Commission propose sept initiatives phares :

- ✓ une Union de l'innovation, pour renforcer la politique en matière de R&D et d'innovation et favoriser la transformation des découvertes scientifiques en produits commercialisables ;
- ✓ une stratégie jeunesse en mouvement, pour renforcer la qualité et l'attractivité internationale du système d'enseignement supérieur européen, grâce à la promotion de la mobilité des étudiants ;
- ✓ une stratégie numérique pour l'Europe, afin de garantir des bénéfices économiques et sociaux durables grâce à un marché numérique unique ;

- ✓ une Europe économe en ressources et rejetant peu de carbone, par la réalisation des engagements pris pour 2020 en matière de production et de consommation d'énergie, ainsi que d'efficacité énergétique ;
- ✓ une politique industrielle pour une croissance verte, afin de favoriser la compétitivité de l'industrie de l'Union européenne après la crise mondiale et de promouvoir l'entrepreneuriat ;
- ✓ une stratégie pour les nouvelles compétences et les nouveaux emplois, afin de moderniser les marchés du travail dans le but d'améliorer les taux d'emploi et de garantir la viabilité des modèles sociaux ;
- ✓ une plateforme européenne contre la pauvreté, pour garantir la cohésion économique, sociale et territoriale en aidant les personnes en situation de pauvreté et d'exclusion sociale et en leur permettant de participer activement à la vie de la société.

Il apparaît clairement que l'innovation est désormais au cœur de la stratégie européenne de croissance intelligente et durable. De ce fait, la technologie devient un outil indispensable pour garantir le développement durable de l'Union européenne.

Une stratégie pour les nouvelles technologies de l'énergie : le plan SET

Le plan stratégique pour les nouvelles technologies de l'énergie (ou plan SET) a été lancé dès novembre 2007 afin de répondre aux défis énergétique et climatique. Sa mise en place est soutenue par la stratégie Europe 2020.

Ce plan a pour objectif prioritaire d'accélérer le développement et le déploiement des nouvelles technologies énergétiques grâce à une approche globale et coordonnée entre les États membres de l'Union européenne. Ce plan doit permettre de positionner l'Europe en tant que leader mondial de la transition vers une croissance intelligente et durable.

Le plan SET marque aussi une rupture au niveau de l'action européenne. Il propose, pour la première fois, une série d'actions ambitieuses dans le domaine des technologies de l'énergie.

En effet, ce plan est né de la nécessité d'un renouveau en matière de stratégie énergétique. Après les chocs pétroliers des années 1970, l'Europe a profité d'un approvisionnement énergétique à faible coût. Plusieurs facteurs ont alors créé une dépendance aux énergies fossiles, en particulier en raison de leur disponibilité, de l'absence de contraintes liées au dioxyde de carbone ainsi que de divers impératifs commerciaux.

Cette situation a également ralenti l'intérêt européen pour l'innovation et l'investissement dans les nouvelles technologies énergétiques. Il n'y a, en l'occurrence, ni appétit naturel pour ces technologies, ni bénéfice commercial à en attendre à court terme. Dans ce contexte, une intervention des pouvoirs publics est à la fois justifiée et nécessaire pour soutenir l'innovation technologique en matière énergétique. Le processus d'innovation dans ce domaine souffre par ailleurs de faiblesses structurelles persistantes et d'une très forte inertie.

Avec la stratégie 2020 et son volet technologique constitué par le plan SET, l'Europe se dote d'une véritable politique technologique pour l'énergie.

La Commission a officiellement lancé le plan SET avec la communication du 22 novembre 2007, intitulée « Plan SET: pour un avenir bas carbone » (1). Ce plan a dès lors reçu un fort soutien institutionnel. Il a d'abord été adopté par le Conseil Européen des 13 et 14 mars 2008, dont les conclusions réaffirment avec force « la nécessité d'un investissement soutenu en matière de recherche et développement et de l'adoption effective des nouvelles technologies énergétiques ». Puis, il a été approuvé par un vote du Parlement européen et du Comité économique et social européen, le 9 juillet 2008.

Les priorités du Plan SET

Le plan SET entend parvenir aux objectifs de réduction 2020 et à la vision 2050 en développant une double approche :

- ✓ à court terme, il vise à réduire les coûts et à améliorer les performances des technologies existantes grâce à la recherche scientifique, tout en favorisant la mise en œuvre commerciale de ces technologies ;
- ✓ à plus long terme, le plan SET soutient le développement d'une nouvelle génération de technologies à faibles émissions de carbone (voir la figure 1).

Le plan SET doit permettre de relever plusieurs défis technologiques au cours des dix prochaines années.

Sa contribution aux objectifs de la stratégie Europe 2020 doit permettre de :

- ✓ rendre les biocarburants de deuxième génération concurrentiels par rapport aux combustibles fossiles ;
- ✓ permettre l'utilisation commerciale des technologies de piégeage, de transport et de stockage du CO₂, à travers des activités de démonstration à l'échelle industrielle ;
- ✓ doubler la capacité de production d'électricité des grandes éoliennes ;
- ✓ démontrer la maturité commerciale de la production d'électricité photovoltaïque à grande échelle et de l'énergie solaire concentrée ;
- ✓ constituer un réseau électrique européen unique et intelligent pour assurer l'intégration massive des sources d'énergie renouvelables et décentralisées ;
- ✓ lancer sur le marché des appareils et des systèmes de conversion énergétique et d'utilisation finale plus efficaces, dans le secteur de la construction, des transports et de l'industrie (poly-génération, piles à combustible) ;
- ✓ maintenir la compétitivité des technologies nucléaires de fission, ainsi que les solutions à long terme en matière de gestion des déchets.

Le plan SET doit également contribuer à la vision 2050 en matière de réduction des GES, afin de :

- ✓ mettre en place la prochaine génération de sources d'énergies renouvelables, commercialement plus compétitives ;
- ✓ accroître de façon décisive le rapport coût/efficacité des technologies de stockage de l'énergie ;

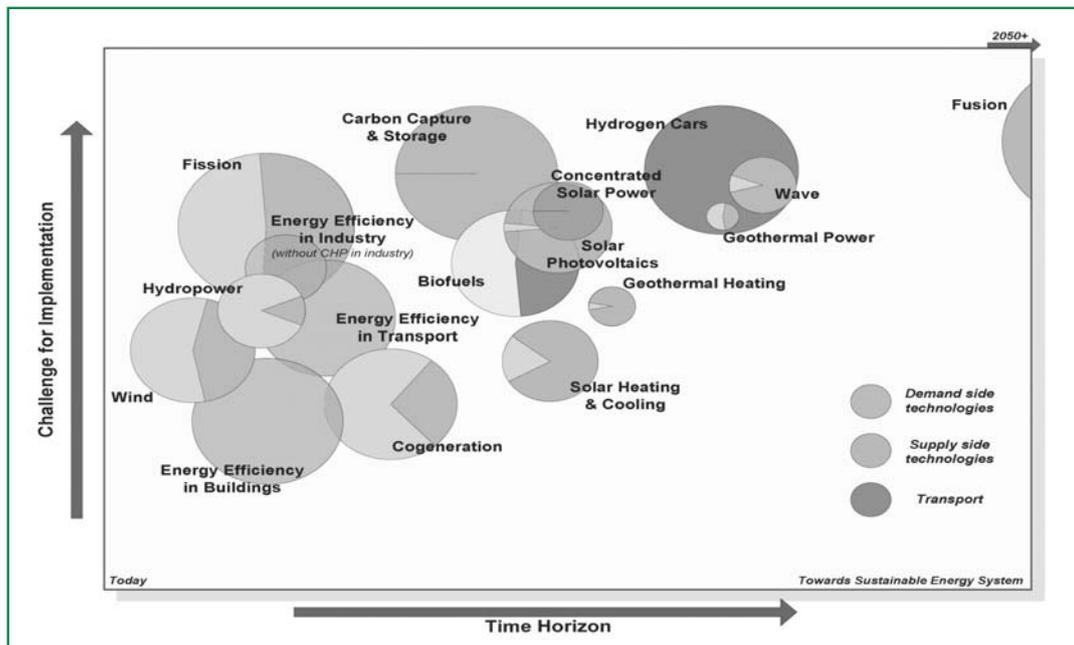


Figure 1 : Potentiel technologique européen pour une croissance propre et durable.

- ✓ développer les technologies et favoriser la commercialisation des véhicules équipés de piles à combustible à l'hydrogène ;
- ✓ achever les préparatifs pour la démonstration d'une nouvelle génération de réacteurs à fission, plus durables au niveau énergétique (génération IV) ;
- ✓ achever l'installation de fusion ITER et associer rapidement l'industrie à la préparation des actions de démonstration ;
- ✓ élaborer de nouvelles visions et stratégies de transition pour les réseaux transeuropéens d'énergie ;
- ✓ réaliser des avancées décisives dans la recherche en matière d'efficacité énergétique.

Le plan SET : un cadre pragmatique à géométrie variable

La solution, face aux défis climatique et énergétique, ne peut provenir que d'une nouvelle combinaison de sources d'énergie durables. Il est par conséquent nécessaire d'encourager le développement de l'ensemble des nouvelles technologies énergétiques.

Le plan SET respecte la souveraineté énergétique des vingt-sept États membres de l'Union européenne, ainsi que leur diversité en matière technologique, qui est liée à leur passé et/ou aux ressources naturelles dont ils disposent.

C'est ainsi que le plan SET ne vise pas à modifier les priorités des États membres ni à leur en imposer de nouvelles. Il doit servir, là où cela est possible, à mettre en commun les programmes et les moyens de la recherche. L'Europe souffre d'une fragmentation et d'une dispersion des programmes nationaux. Au lieu de conduire des activités de recherche et

d'innovation uniquement au niveau national, le plan propose de coordonner les instituts de recherche, ainsi que certains domaines industriels. Cette approche doit permettre d'accélérer l'innovation et d'apporter une réelle valeur ajoutée européenne.

L'architecture du plan SET est fondée sur le principe d'une participation à géométrie variable : ne participeront à ses initiatives que les acteurs (États membres ou industries) qui manifestent un intérêt et sont à même d'apporter une contribution ou une valeur ajoutée. De même, seuls les acteurs du plan SET doivent contribuer au financement de ses lignes d'action.

Un groupe de pilotage composé de représentants ministériels des 27 États membres a été mis sur pied afin d'assurer la cohérence des différentes initiatives. Ce groupe de pilotage offre une véritable structure de gouvernance au plan, il assure aussi la cohérence des efforts nationaux, européens et internationaux. Enfin, il sert d'instance de réflexion sur la conduite stratégique.

Le groupe est soutenu dans sa tâche par un système d'information (le *Strategic Energy Technologies Information System* – Setis) spécialisé dans les technologies de l'énergie et l'innovation et géré par la Commission européenne.

Le Setis met à disposition une information mise à jour en permanence, transparente et fiable pour aider à la prise de décision. Les informations qu'il propose concernent en particulier le potentiel de déploiement de chaque priorité technologique du plan SET, les obstacles, les besoins en matière de R&D et l'évaluation des objectifs de la politique énergétique de l'Union européenne (*mapping* technologique). Il fournit aussi des informations sur les investissements existants, ainsi que sur les positionnements et les capacités des

acteurs européens sur le marché des technologies de l'énergie (*mapping* des capacités) (voir la figure 2).

Des initiatives pour le développement des technologies bas carbone : agir concrètement dans la chaîne de l'innovation

Le plan SET s'appuie principalement sur des initiatives industrielles européennes (EII) et sur une Alliance des instituts européens de recherche actifs dans le domaine de l'énergie (EERA). Il s'agit, en effet, d'intervenir au niveau tant de la recherche fondamentale que de la recherche appliquée afin de favoriser la commercialisation rapide des nouvelles technologies.

Ces nouveaux mécanismes doivent permettre de mieux tirer profit du potentiel de l'industrie et de la recherche.

Aussi le plan SET a-t-il proposé des initiatives industrielles européennes dans six domaines où les technologies étaient jugées suffisamment avancées pour une commercialisation rapide :

- ✓ l'initiative européenne pour l'énergie éolienne ;
- ✓ l'initiative européenne pour l'énergie solaire (photovoltaïque et solaire concentré) ;
- ✓ l'initiative européenne pour la bioénergie (seconde génération de biocarburants) ;
- ✓ l'initiative européenne pour le piégeage, le transport et le stockage du CO₂ (démonstrateurs à grande échelle du stockage géologique (CCS)) ;
- ✓ l'initiative européenne pour le réseau électrique (développement d'un réseau électrique intelligent incluant le stockage) ;

✓ l'initiative pour la fission nucléaire durable (génération IV).

Ces initiatives sont mises en œuvre *via* l'adoption de feuilles de route technologiques à l'horizon 2020, avec des objectifs quantifiés et une évaluation des besoins de financement. Les quatre premières initiatives industrielles européennes (captage et stockage du dioxyde de carbone CCS, solaire, éolien et réseaux intelligents) ont ainsi été lancées lors de la conférence du plan SET organisée à Madrid en juin 2010. Ce lancement s'est accompagné de la création d'une structure de gouvernance souple, en accord avec le principe de géométrie variable qui dirige l'ensemble du plan SET. Cette structure se compose de différents « *EIIs Teams* », regroupant des représentants des États membres et des industriels désireux de contribuer à l'initiative. Les « *EIIs Teams* » ont défini des plans d'action concrets et détaillés pour la période 2010-2012.

Les initiatives « Nucléaire » et « Bioénergie » devraient à leur tour être lancées lors de la conférence du plan SET organisée sous la présidence belge du Conseil de l'Union européenne, en novembre 2010. De plus, au-delà des six premières initiatives, d'autres domaines technologiques devront ensuite être identifiés. Tel est le cas de la nouvelle initiative « Villes intelligentes », dont les préparatifs ont débuté en octobre 2009. Elle doit permettre de sélectionner de vingt-cinq à trente villes « intelligentes », qui seront chargées de tester les nouvelles technologies vertes d'ici à 2020. De plus, des initiatives sur l'énergie des océans, le stockage d'énergie ou sur les économies d'énergie sont en cours d'étude.

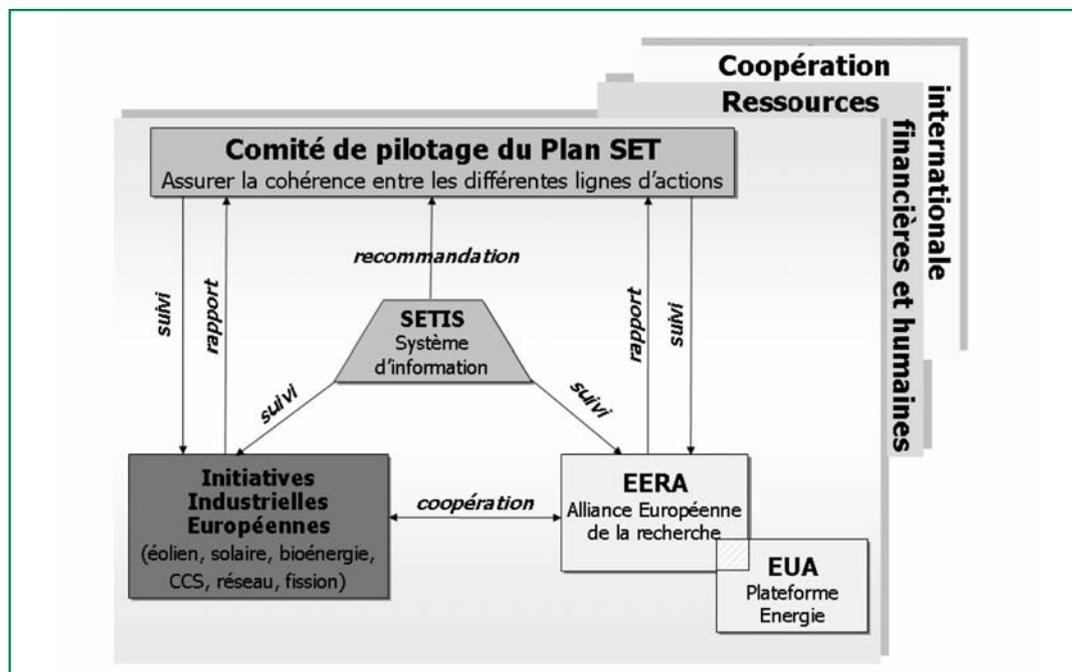


Figure 2 : Architecture de gouvernance du plan SET.

Source: OECD/IEA, 2008.

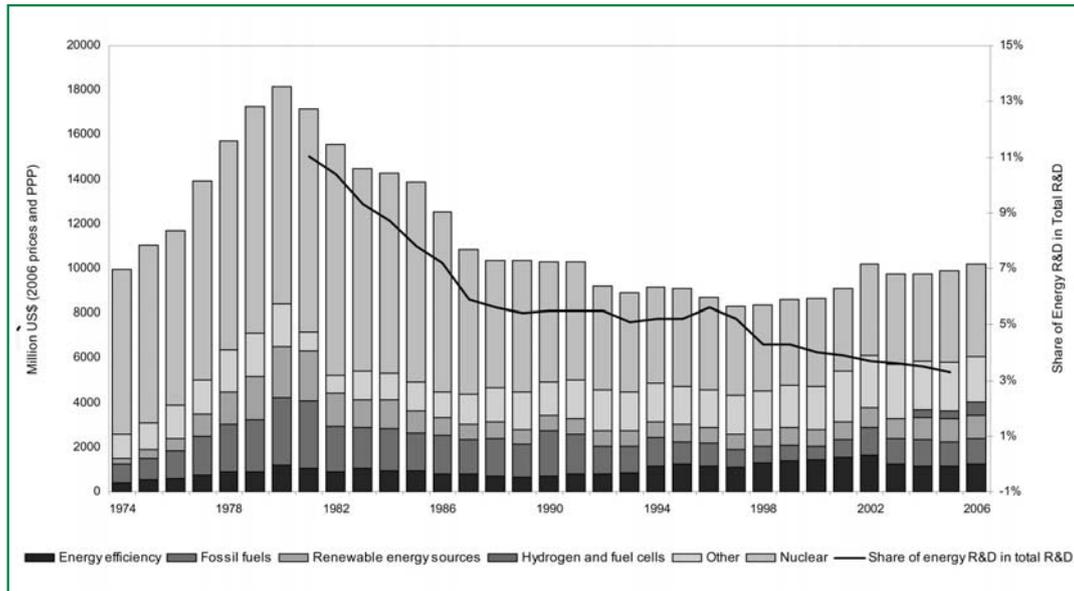


Figure 3 : L'investissement dans les technologies énergétiques.

L'Alliance européenne des instituts de recherche

La recherche européenne apparaissant très fragmentée, l'objectif premier est d'améliorer la coordination des programmes de recherches nationaux. Une Alliance européenne des instituts de recherche a ainsi été créée pour la réalisation de programmes conjoints de recherche.

L'Alliance a été constituée le 27 octobre 2008 dans le cadre d'un dialogue structuré conduit entre les grands instituts européens de recherche. Sa gestion opérationnelle est effectuée par un président et un secrétariat, à travers une structure de gouvernance flexible. Seize thématiques ont été sélectionnées pour de futurs programmes conjoints de recherche.

L'Alliance s'avère d'ores et déjà un succès majeur pour le plan SET ; elle est à l'origine d'une nouvelle dynamique pour la recherche européenne. En 2010, elle regroupe soixante-dix instituts de recherche et elle collabore avec l'Association européenne des universités (EUA), qui siège au sein de son comité exécutif en tant que membre observateur. Une plateforme européenne des universités spécialisées dans les technologies énergétiques (EPUE) a d'ailleurs été lancée par l'EUA afin d'identifier de nouvelles ressources pouvant être utilisées par l'Alliance. L'industrie peut également participer aux programmes conjoints de recherche, à la double condition d'apporter des contributions significatives et de garantir un engagement sur le long terme.

Enfin, de nouveaux programmes conjoints doivent être lancés avant la fin de l'année 2010, en particulier dans les domaines du captage et stockage du CO₂ (CCS) de la bio-énergie et du nucléaire. D'autres programmes suivront, en 2011, qui seront consacrés au solaire concentré et aux piles

à combustible. De nouvelles thématiques sont à l'étude, notamment celle du stockage de l'énergie.

La nécessité d'un financement supplémentaire pour les technologies énergétiques

La crise financière actuelle ne doit pas empêcher la réalisation des objectifs de la stratégie Europe 2020 et de la vision 2050, en particulier au vu de l'urgence des solutions à apporter au changement climatique. Or, la recherche fondamentale, les démonstrations technologiques à grande échelle et la commercialisation des innovations impliquent un effort financier important de la part des États membres. Cela, d'autant plus que, sur la période 1991-2007, on constate une chute de l'investissement public de près de 40 % en Europe. L'augmentation des investissements publics doit être accompagnée d'un retour de l'investissement privé dans les technologies énergétiques et environnementales.

Dans sa communication intitulée « Investir dans les technologies bas carbone » (2), la Commission a clairement identifié un besoin de 80 milliards d'euros (sur 10 ans) pour mettre en œuvre le plan SET, ce qui représente 5 milliards d'euros supplémentaires par an par rapport aux investissements actuels dans la recherche en matière d'énergie (voir la figure 3).

Étant donné l'ampleur de l'investissement nécessaire, seule une coordination et une mise en commun des capacités de l'Union européenne, des États membres, des industriels, de la Banque européenne d'investissement et des acteurs de la finance peuvent permettre d'atteindre un tel objectif.



Des sources de financement existent, que ce soit à travers le 7^e programme cadre de recherche et de développement technologique, ou que ce soit à travers le système européen d'échanges de quotas d'émissions de carbone (SCEQE). A cet égard, mentionnons que le SCEQE doit permettre de dégager des financements correspondant à 300 millions de quotas d'émission, afin de les attribuer au financement de projets dans les domaines du CCS et des énergies renouvelables.

Ces financements permettent dès à présent d'engager la révolution technologique et, en parallèle, d'avancer dans la recherche de nouvelles solutions innovantes d'ingénierie financière afin de satisfaire aux besoins du plan SET.

Conclusion

Mme Maire Geoghegan-Quinn, Commissaire européenne chargée de la Recherche, de l'Innovation et de la Science, a récemment réaffirmé qu'« *investir dans la recherche et l'innovation est la seule manière intelligente et pérenne de sortir de la crise et de garantir une croissance durable et socialement équitable* ».

L'Europe occupe désormais une place pionnière en matière de technologies énergétiques, grâce au plan SET, qui offre un véritable cadre pour leur développement et leur déploiement. Une large panoplie d'actions et une

structure de gouvernance souple en font un instrument adapté aux objectifs ambitieux de la stratégie 2020.

Le plan SET est un succès manifeste. Sa structure est aujourd'hui reproduite par la Direction Générale Mobilité (*Strategic Transport Technology Plan*) et ses lignes d'actions inspirent les laboratoires américains, qui souhaitent se doter d'une structure équivalente à celle de l'Alliance européenne des instituts de recherche. Ces exemples nous rassurent quant au caractère judicieux des choix et des moyens déployés.

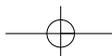
Les opinions exprimées n'engagent que leur auteur et ne sauraient en aucun cas être assimilées à une position officielle de la Commission européenne.

Notes

* Directeur Energie, Direction Générale pour la Recherche, Commission Européenne.

(1) COM(2007) 723 – Un plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (Plan SET) – Pour un avenir moins pollué par le carbone. SEC (2007)1511 – Capacities Map Impact assessment – SEC (2007) 1508 – SEC (2007) 1509.

(2) Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan)
 {SEC (2009) 1295}
 {SEC (2009) 1296}
 {SEC (2009) 1297}
 {SEC (2009) 1298}



Les conditions de la « croissance verte »

La « croissance verte » : un oxymore de plus ? Ce serait le cas, si elle était limitée à (ou confondue avec) la croissance du « *green business* », conçu comme « Le » relais de croissance suivant celui des nouvelles technologies de l'information et de la télécommunication et des énergies renouvelables. Il ne s'agirait alors que d'un nouvel avatar d'un modèle condamné, que cela nous plaise ou non. La croissance exponentielle des flux matériels, verts ou pas, bute en effet sur la finitude du monde.

par Alain GRANDJEAN*

La croissance verte ne peut donc que désigner l'idée d'une amélioration de la qualité de la vie et du « verdissement » de l'ensemble des secteurs économiques. Il ne peut donc s'agir que du découplage de l'activité socio-économique et de la pression anthropique sur les ressources naturelles et l'environnement. Pour Tim Jackson (1), il s'agit de viser une « prospérité sans croissance ». Mais comment y parvenir, dès lors que le système de valeurs et d'incitations conduit « naturellement » à l'effet inverse, c'est-à-dire à la croissance des flux matériels, tirée par celle de la consommation ?

La corrélation entre la croissance du PIB et la « consommation de nature » reste manifeste. Les pistes évoquées (recyclage, dématérialisation, technologies sobres) sont-elles suffisantes ? Ou bien faudra-t-il procéder à une modification en profondeur de notre « modèle économique » ? Quels bénéfices les générations actuelles en tireront-elles ? Telles sont les quelques questions que nous allons évoquer, trop rapidement sans doute, dans les lignes qui suivent.

L'inévitable découplage entre activité économique et consommation de ressources naturelles

Depuis cent cinquante ans, la croissance économique s'est accompagnée d'une croissance exponentielle des consommations de ressources, et plus généralement d'une augmentation de la pression anthropique sur les « services écologiques (2) », dont la régulation climatique. Les propriétés bien connues des courbes exponentielles rendent la poursuite de ce « modèle » tout simplement impossible. Nous allons buter, dans les prochaines décennies, et ce, qu'on le veuille ou non, sur des « pics de production » des ressources stratégiques.

Cette prévision solide comme du granite repose, tout bêtement, sur une mathématique simple : une quantité finie de matière ou d'énergie ne peut être exploitée que selon une courbe qui connaît un maximum, puis décroît, tendant vers zéro, à l'infini (3). La seule question opérationnelle qui

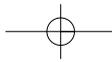
se pose à l'humanité, c'est de déterminer le moment où se produira ce maximum. En effet, un désagrément – de taille – apparaît au moment du maximum : la demande souhaitée croissante jusque-là ne *peut plus* croître. C'est bien à ce moment, ou un peu avant, que les ennuis commencent, et non pas quand les ressources sont épuisées. Notons à ce sujet que l'information du ratio R/P (les ressources restantes (prouvées ou non), divisées par leur production annuelle), exprimé en années de réserves, à consommer au rythme annuel constaté, est un bon moyen de faire l'autruche et ce, pour deux raisons.

D'une part, ce n'est pas lorsque les réserves sont épuisées que les ennuis commencent, comme on vient de le voir, mais c'est, en gros, quand elles sont à moitié épuisées (c'est-à-dire au moment du maximum de production en moyenne).

D'autre part, parce que, si la consommation continuait à croître de manière exponentielle (comme c'est le cas, hors crise économique, pour toutes les ressources finies), la durée pour épuiser la ressource serait beaucoup plus courte que R/P. Si nous croyions avoir un stock de charbon égal à 300 ans de la consommation actuelle, mais que cette consommation croissait au rythme de 2 % par an, le stock de charbon serait épuisé en moins de 100 ans...

Pour plusieurs ressources énergétiques et minérales vraiment importantes (d'où le qualificatif de stratégiques qui leur est en général accolé), le pic de production se situe indiscutablement au XXI^e siècle. Prenons deux exemples illustratifs : le pétrole et l'acier.

Les ressources en pétrole conventionnel sont de l'ordre de 300 à 400 milliards de tonnes équivalent pétrole (GTEP). L'humanité en avait consommé de l'ordre de 180 GTEP à la fin 2008, et elle en consomme actuellement 3 GTEP par an. Les perspectives de consommation de pétrole avancées par les industries automobile et aéronautique (4) permettent de penser que la tendance « naturelle » de la consommation n'est pas à la baisse : les constructeurs automobiles voient le parc automobile doubler en vingt ans et les constructeurs d'avions ont eux aussi des carnets de commande bien gar-



nis. Il est évidemment exclu que la production puisse croître de manière exponentielle (ni même linéaire) jusqu'à son épuisement : le pic de la production de pétrole (le moment où, en gros, la moitié du pétrole accessible aura été consommée) se produira donc très probablement avant 2020. C'est d'ailleurs l'estimation que font les compagnies pétrolières. Pour sa part, l'A.I.E. affirme dans son dernier rapport (Energy World Outlook 2010) que le pic de pétrole conventionnel a été atteint en 2006.

Les estimations de ce maximum varient tout de même de quelques années et ce, principalement pour deux raisons.

Du côté de l'offre, certains organismes additionnent un pétrole extrait de manière de moins en moins conventionnelle aux capacités de production. Et du côté de la demande, les « optimistes technologiques » (les « OT », dans la suite de cet article) peuvent penser désormais que les économies d'énergie et les substitutions technologiques sont en œuvre et qu'elles vont permettre de réduire la pression pesant sur la demande, ce qui aura bien sûr pour effet de décaler dans le temps le pic de production.

Prenez un deuxième exemple, celui de l'acier, en suivant la démonstration de François Grosse (5). Nous produisons annuellement de l'ordre de 1 milliard de tonnes d'acier par an, soit trente fois plus qu'au début du XX^e siècle. La croissance aura été, sur cette période, d'environ 3,5 % par an. A ce rythme, la production cumulée d'acier en un siècle est égale à 878 fois la production de la première année. Si on prolongeait cette tendance, la production annuelle serait multipliée par 100 tous les 135 ans. On produirait ainsi, dans 270 ans, 10 000 fois plus d'acier qu'aujourd'hui !... Inutile d'être très précis dans l'estimation des réserves de minerai de fer pour comprendre qu'un tel rythme est impossible à maintenir.

Voyons, sur quelques autres exemples, quand arrivera l'épuisement des ressources énergétiques minérales ou énergétiques, dans l'hypothèse d'un taux de croissance limité à 2 % par an.

Pour les énergies fossiles (6), ces ressources seront épuisées avant 2120 (7). Le zinc (8) serait épuisé avant 2080 et le cuivre avant 2100, la bauxite, le plomb, le minerai de fer, avant 2100. Le lithium tiendrait quelques années de plus...

Pour certains minerais rares (l'antimoine, l'indium, le palladium, le platine...), les échéances sont encore plus rapprochées, mais peu importe, d'autant qu'il est tout aussi difficile de se prononcer sur le taux de croissance économique futur que sur les effets systémiques produits par les diverses tensions d'approvisionnement. Nous pourrions enchaîner sur l'ensemble des ressources biologiques et des régulations naturelles, qui relèvent de la même problématique.

Retenons, à ce stade, que la poursuite de la croissance exponentielle de la production est impossible.

Elle est pourtant souhaitée par tous (ou presque). Amener en 2050 l'ensemble de l'humanité (dont les effectifs sont estimés, à cette horizon, à 9 milliards d'individus, dans le scénario moyen de l'ONU) au niveau moyen de développement économique des nations les plus riches (qui souhaitent quant à elles poursuivre leur croissance) nécessiterait, en effet, un taux de croissance économique mondial de

l'ordre de 3 à 3,5 % par an. C'est ce qui est souhaité, pour des raisons d'ordre moral (l'injustice actuelle est insupportable : 16 % de la population mondiale, soit 1 milliard de personnes, bénéficient de 57 % du PIB). C'est, bien sûr, souhaité très majoritairement par les habitants pauvres des pays les plus pauvres, qui vivent dans des conditions sanitaires qui se dégradent, en général, mais qui ont un œil sur nos modes de vie. C'est également souhaité par les entreprises des pays développés, qui voient là des débouchés extraordinaires, les seuls à être susceptibles de constituer de solides relais de croissance.

Pourtant, tout bêtement, ce souhait est impossible à réaliser, dans les conditions actuelles de production et de consommation. Nous devons donc impérativement apprendre à découpler notre activité économique de notre consommation de ressources naturelles et ce, très rapidement.

Ne pas croire aux mirages

Face à la tension future sur les ressources matérielles, minérales ou énergétiques et face à la pression incoercible qu'elle ne manquera pas d'exercer sur les écosystèmes, les solutions technologiques sont bien sûr immédiatement convoquées par les « OT ». Mais aucune d'entre elles n'est susceptible de représenter une réponse suffisante et ce, pour diverses raisons que nous allons évoquer rapidement.

Des énergies fossiles aux énergies décarbonées

80 % de l'approvisionnement énergétique mondial est issu d'énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon). Leur combustion est une des causes principales du changement climatique et, comme on vient de le voir, à un taux de croissance de 2 % par an, elles connaîtront un pic de production, dans le meilleur des cas, au plus tard dans la deuxième moitié du XXI^e siècle.

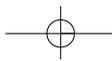
Qu'à cela ne tienne ! Tournons-nous, donc, vers les énergies renouvelables ou le nucléaire !

Pas si simple. Même s'il n'est pas question ici d'instruire en quelques lignes le dossier des énergies alternatives, il est assez facile de voir qu'elles butent, elles aussi, sur la finitude du monde.

L'énergie hydroélectrique, la première source d'énergie renouvelable au monde, a encore de beaux jours devant elle. De nombreux projets sont en cours de développement, mais on comprend facilement qu'ils ne peuvent se multiplier à l'infini.

Le bois-énergie n'est renouvelable (et n'émet globalement pas de CO₂ lors de sa combustion) que si l'on replante chaque année autant d'arbres que l'on en brûle, ce qui n'est largement plus le cas, au niveau mondial (9).

Le solaire photovoltaïque représente aujourd'hui moins de 0,5 % de la production mondiale d'électricité. A supposer que l'on mette au point des cellules vraiment performantes et économiques, leur contribution ne pourra représenter qu'une petite partie de la satisfaction de notre appétit d'énergie dans les décennies à venir.





© Sandra Hoyn/LAIF-REA

« La croissance économique est, bien sûr, souhaitée très majoritairement par les habitants pauvres des pays les plus pauvres, qui vivent dans des conditions sanitaires qui se dégradent, en général, mais qui ont un œil sur nos modes de vie ». Décharge de produits électroniques à Accra (Ghana).

Le nucléaire bute, quant à lui, sur des questions institutionnelles (la mise en place d'autorités de sûreté n'est pas une mince affaire), sur des questions d'acceptabilité sociale et sur des limites physiques, dans l'approvisionnement d'uranium, tant que l'on ne sera pas passé à la génération IV des réacteurs nucléaires, qui n'est toujours pas opérationnelle, aujourd'hui, au niveau industriel et qui ne se développera que lentement.

Bref, aucun prospectiviste sérieux n'entrevoit de possibilité de satisfaire une demande croissante d'énergie dans les prochaines décennies, sauf à déstabiliser le climat de manière irréversible. Il est nécessaire de faire décroître notre consommation mondiale d'énergie et, du point de vue climatique, donc du point de vue des habitants actuels de notre planète, le plus vite sera le mieux.

Les limites du recyclage

Du côté des matériaux, le chœur des « OT » entonne une ode au recyclage. Les matériaux vont manquer ? Recyclons, et le problème sera résolu !

Malheureusement : non. D'une part, le recyclage consomme de l'énergie et le bilan par filière reste à faire. Mais, surtout, le recyclage ne résiste pas, lui non plus, aux courbes exponentielles (10).

Supposons (pour simplifier) que le cycle du recyclage soit d'un an, et que la croissance soit de 10 % par an. Si nous sortons de terre, cette année, 100 unités d'une quantité de

matériaux que nous savons recycler à 80 %, l'année prochaine nous pourrions utiliser ces 80 unités recyclées et nous devrions extraire de terre 30 unités. L'année d'après, nous pourrions en utiliser 88, mais nous devrions en extraire 33, soit 10 % de plus que l'année précédente.

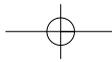
Et nous voilà repartis sur une exponentielle. Il est facile de généraliser ce raisonnement à n'importe quelle durée de cycle, n'importe quel taux de croissance et n'importe quel taux de recyclage. En un mot, le recyclage permet de gagner du temps, mais il ne saurait empêcher l'épuisement d'un stock par nature fini du fait d'une croissance exponentielle. Le recyclage ne devient une solution pérenne qu'à partir du moment où la croissance des flux matériels est voisine de zéro.

L'illusion de la dématérialisation numérique et des technologies vertes

« Qu'à cela ne tienne... : dématérialisons ! », disent nos « OT ». C'est d'ailleurs en route, grâce aux nouvelles technologies de l'information et de la communication. Plus de papier : des échanges virtuels. Plus de déplacements physiques, et voilà notre problème résolu.

Hélas, ce n'est pas exactement comme cela que les choses se passent.

D'une part, les NTIC (nouvelles technologies de l'information et de la communication) sont voraces en énergie et elles contribuent de manière croissante aux émissions



de GES. Les émissions mondiales de GES dues aux NTIC sont évaluées pour 2007 à un peu moins d'1 milliard de tonnes d'équivalent CO₂ (11), avec une projection 2020 estimée à 1,5 milliard sous des hypothèses d'efficacité carbone volontaristes (12). En ce qui concerne la France, la part des NTIC dans l'empreinte carbone des ménages est passée de 0,3 % à 5 % de 1990 à 2008 (13).

Il y a deux raisons principales à cette intensité carbone des NTIC : d'une part, premièrement, les matériels utilisés sont principalement fabriqués en Extrême-Orient *via* des processus énergivores qui recourent, de surcroît, à une électricité à base de charbon et, deuxièmement, ces matériels consomment de l'électricité, dont l'intensité carbone varie beaucoup, d'un pays à un autre.

D'autre part, les NTIC ne viennent pas toujours se substituer à un usage ou à une pratique, mais bien souvent la compléter. La téléphonie mobile a suscité des usages qui n'existaient pas auparavant. Le fait qu'une facture soit électronique ne garantit pas qu'elle ne sera pas imprimée. La visioconférence ne supprime pas nécessairement les déplacements en avion (elle peut aussi permettre de multiplier les réunions classiques...). Enfin, le développement des NTIC s'accompagne de la croissance de la consommation de minerais rares (les terres rares, l'indium, le hafnium, le tantale, le gallium, etc.), qui butera sur des pics de production et dont on vient de voir que leur recyclage ne serait pas « La » solution... Bref, les NTIC sont des enfants de notre accès à une énergie abondante et, si on peut imaginer qu'elles facilitent un peu la résolution de notre problème, c'est sous certaines conditions. Pour le dire vite : elles sont efficaces si, et seulement si, elles permettent la réduction absolue de la mobilité physique des personnes. Est-ce bien ce que nous souhaitons ?

Il faut changer de modèle, malgré la crise

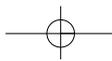
En finir avec le consumérisme

La croissance verte, avant même que d'être un oxymore, pourrait mourir de la crise économique. Quand le pouvoir d'achat baisse, les préoccupations environnementales diminuent aussi. Plus profondément, il pourrait paraître indécent de plaider pour une décroissance de la consommation matérielle quand de nombreux ménages ne peuvent plus joindre les deux bouts. Pourtant, c'est bien à cette conclusion que les chiffres nous amènent. Nous devons, dans nos pays, en finir avec le consumérisme, ce mode de vie qui relie notre satisfaction à la consommation croissante de biens matériels, qui nous rend incapables de nous passer d'achats de biens nouveaux (les produits électroniques en offrent une gamme infinie) et de remplacer régulièrement des biens anciens (je ne peux garder longtemps la même paire de chaussures, à supposer qu'elles soient assez solides..., sous peine de passer pour rétrograde ou radin), au motif qu'ils sont obsolètes ou démodés.

Citons le rapport (à paraître) du Centre d'analyse Stratégique sur la consommation durable, présidé par Elisabeth Laville : « [...] La consommation non durable que nous connaissons est la conséquence d'une orientation prise il y a 50 ans, un choix (parmi d'autres choix également possibles à l'époque) qui a fait du couple production standardisée/consommation le moteur principal d'un nouvel équilibre économique. Afin de sécuriser les débouchés, cette nouvelle économie a dû susciter une culture consumériste, faisant de la consommation une motivation essentielle, un symbole de réussite et d'émancipation, une promesse de bonheur, un but dans la vie. Du fait de la croissance perpétuelle de l'économie et de la quête sans fin de bonheur sur terre, la consommation a très logiquement atteint un régime insoutenable. C'est donc l'ensemble du dispositif historique inventé après guerre qu'il nous faut revoir à l'avenir. Ne traiter qu'une seule de ses dimensions, c'est se condamner à l'échec. Il nous faut donc définir la consommation durable, certes en référence au développement durable, mais aussi de manière spécifique en abordant directement la question du changement à apporter dans notre culture de la consommation. Car nous ne changerons pas durablement les comportements si nous échouons à changer la culture et les attitudes qui les fondent.

Ainsi, la consommation durable nous paraît devoir être définie comme un triple changement dans les habitudes historiques de la société de consommation :

- ✓ un changement dans les *finalités* de la consommation, qui doit cesser de devenir la voie d'accès privilégiée à la joie de vivre et le symbole majeur des relations sociales. La consommation, dans les pays riches, doit trouver progressivement un nouveau rôle historique, qui est de fournir les éléments simples, suffisant à la vie, en libérant ainsi un espace pour l'invention d'un art de vivre nouveau respectant les besoins des autres et ceux des générations futures (la finitude du monde étant incompatible avec la généralisation de notre mode de consommation) ;
- ✓ un changement dans les pratiques et les comportements amenant les citoyens à satisfaire leurs besoins par une consommation de biens matériels et de services plus respectueux des hommes et de la planète – plus économe en ressources, moins génératrice de pollution, contribuant davantage au progrès social, mieux inscrite dans des boucles vertueuses de la réutilisation, de la récupération et du recyclage –, mais aussi par le développement d'une consommation dématérialisée (location, partage, échange...) ;
- ✓ un changement de la culture et des modes de vie amenant les citoyens, grâce au temps et aux ressources ainsi libérés, à (ré)explorer d'autres pans de l'art de vivre équilibrant valeurs matérielles et valeurs immatérielles (par exemple, les liens familiaux et sociaux, la culture, les arts, le sport, les loisirs, la vie associative...), qui peuvent faire, ou non, l'objet d'échanges marchands.



Réorienter l'activité économique et investir dans la transition

La croissance « verte » ainsi redéfinie ne peut pas « sortir de terre » toute seule. C'est d'ailleurs l'un des mérites indiscutables du Grenelle de l'Environnement que d'avoir impulsé une politique, même si on peut en regretter le manque d'ambition, les insuffisances et les erreurs.

Pour faire émerger un nouveau modèle économique, la combinaison de plusieurs conditions est indispensable. Cela nécessite :

✓ d'une part, une volonté politique et, d'autre part, un cap clairement marqué. Le libre jeu des forces du marché, autre manière d'exprimer la domination de l'individualisme, ne peut que conduire spontanément nos systèmes économiques dans le mur des pénuries et des tensions environnementales, comme on vient de le voir. Ce sera alors le retour des dictatures. Autant accepter dès maintenant une organisation économique duale, avec une politique générale impulsée par les pouvoirs publics, qui encadre et oriente les actions décentralisées des agents économiques. La question centrale étant ici celle de notre organisation démocratique : celle-ci permet-elle vraiment l'émergence d'une telle volonté politique axée sur un plus long terme que les échéances électorales, lesquelles sont de plus en plus courtes (14) ?

Ce cap une fois marqué, il faut des mécanismes qui permettent aux acteurs décentralisés d'agir dans la « bonne » direction. Les « signaux » à envoyer sont de deux ordres : pédagogique et économique. Pour que nous consommions moins de ressources, il faut que nous comprenions pourquoi (sinon, nous pourrions croire que c'est juste pour que d'autres s'en mettent plein l'estomac...) et que nous soyons incités à le faire. Or, rien n'est plus efficace, en matière d'incitation, que le prix : un prix croissant donné au carbone (via des taxes ou des quotas échangeables) conduit les agents économiques à en émettre de moins en moins. Pour les cas où ce mécanisme est inadapté (ou insuffisant), il doit être complété par des normes et des règlements (15).

Néanmoins, il est à craindre que cette méthode ne suffise pas pour passer rapidement du modèle consumériste au modèle de la croissance « verte ». La mise en œuvre démocratique d'un signal prix allant à l'encontre des pratiques (désirées ou contraintes) actuelles n'est pas facile, comme on l'a vu en France lors de la discussion sur la taxe carbone. C'est d'autant moins facile en période de crise économique.

Ne voit-on pas, cependant, qu'il faudrait au contraire utiliser ce moment pour investir massivement dans la nécessaire transition ? Ne voit-on pas que c'est aussi une contribution massive à la création (16) d'emplois ? Nous devons réduire la part de l'énergie (de l'énergie carbonée, notamment) dans notre PIB et augmenter corrélativement la part de la main-d'œuvre. Il s'agit d'en finir avec la logique dominante de l'ère industrielle, qui était celle de la recherche permanente de gains de productivité, autrement dit, du remplacement de l'homme par la machine. Et de développer une logique d'efficacité énergétique, qui nécessitera à la fois de mieux utiliser l'énergie, de l'utiliser moins

et de recourir, en conséquence, à plus de travail humain. Cette nouvelle donne est manifestement une voie permettant de sortir de la crise économique et sociale, à la fois parce qu'elle est créatrice d'emplois et parce qu'elle donne du sens.

La prospérité ou la guerre

Si la décroissance n'est pas mobilisatrice, c'est parce qu'elle ne représente pas vraiment un projet d'avenir. Notre culture (en simplifiant abusivement) s'adapte difficilement à une représentation de l'avenir qui s'avère plus négative que celle de la situation présente. Nous sommes par ailleurs intoxiqués par un indicateur, le PIB, qui est supposé représenter le « bonheur économique », même s'il n'y est pour rien, car ce n'est pas du tout ce pourquoi il a été construit. Dès lors, nous préférons nous accrocher à l'idée que ce diable de PIB devra bien finir par croître à nouveau. La reprise est au bout du tunnel, aimons-nous à penser, car nous avons envie de croire que nous réglerons ainsi nos problèmes de chômage et de financement des retraites.

Pourtant, nous savons que cette croissance est encore possible pour les pays en développement ou émergents, si, et seulement si, nous acceptons la transition rapide vers un modèle plus sobre sur le plan matériel, ce qui, les conventions comptables actuelles étant ce qu'elles sont, ne peut se traduire que par une baisse du PIB.

Nous sommes dans un cercle vicieux : nos désirs, dont la satisfaction est essentielle à l'équilibre politique et social de la collectivité, entrent en contradiction avec des ressources matérielles insuffisantes pour les satisfaire. Contradiction entre l'infini de nos désirs et la finitude du monde.

Pour en sortir, il va bien falloir que nous changions de registre et d'objectifs collectifs. Il va nous falloir regarder de près le fait que nous ne sommes pas nécessairement plus heureux en consommant toujours plus et que nos addictions multiples ne font qu'augmenter nos frustrations.

Il va donc nous falloir accepter de passer, d'un monde économique où l'indicateur clef est l'augmentation du revenu monétaire, à un monde où l'indicateur clef est la prospérité, sans a priori sur ce qui définit celle-ci et la rend possible.

Certes, cela ne sera possible qu'à la condition que cette mutation s'opère de manière équitable, c'est-à-dire si les plus riches matériellement d'aujourd'hui font beaucoup plus d'efforts de réduction de leur « train de vie » matériel que les plus pauvres.

Mais l'idée qu'une résolution de la question des inégalités sociales passe par l'augmentation générale du pouvoir d'achat, ce qui veut dire aujourd'hui par l'augmentation de la pression anthropique sur des ressources déjà surexploitées serait vraiment illusoire et dangereuse.

A vrai dire, l'aiguillage qui est devant nous est fort simple : soit nous changeons (dans la bonne humeur) de modèle socio-économique, soit nous allons tout droit vers des conflits militaires dus aux multiples pénuries qui se profilent à l'horizon.



Notes

* Co-fondateur et associé de la société Carbone 4.

(1) Voir « Prospérité sans croissance, La transition vers une économie durable », Tim Jackson, De Boeck, Etopia, 2010.

(2) Voir le rapport du Millenium Ecosystem Assessment, www.millenniumassessment.org

(3) Il s'agit d'une application du théorème des intégrales bornées...

(4) Rappelons que la mobilité est aujourd'hui très largement dépendante du pétrole et que, symétriquement, le pétrole est utilisé à 61 % pour des usages de mobilité (source AIE, 2009).

(5) « Le découplage croissance/matières premières. De l'économie circulaire à l'économie de la fonctionnalité : vertus et limites du recyclage », *Futuribles*, Juillet-Août 2010, numéro 365.

(6) Le GIEC estime les ressources totales à environ 3 700 GTC et nous en avons consommé, à ce jour, environ 600. Le rythme actuel est de 8 GTC par an. Avec 2 % de croissance par an, il faut environ 110 ans pour extraire les 3 100 GTC qui restent.

(7) Sans tenir compte du fait que ce déstockage provoquerait une catastrophe climatique. Calculés en GTEC (milliards de tonnes équivalent carbone), les ressources d'énergie fossile sont largement suffisantes, sans tenir compte du méthane ni du déstockage de la biomasse, pour conduire à la fin du siècle à une hausse de plus de 5° C de la température par rapport à 1850, si l'on devait procéder à ce déstockage dans les cinquante ans à venir.

(8) Voir l'article cité de François Grosse.

(9) C'est d'autant moins le cas si l'on brûle des forêts à très fort contenu en carbone pour planter des forêts à faible stockage. De la forêt primaire aux plantations d'eucalyptus, il y a une « légère différence », tant en carbone qu'en biodiversité...

(10) Pour une application numérique précise au cas de l'acier, voir l'article (cité) de François Grosse.

(11) Ce qui n'est pas rien : la capacité d'absorption des écosystèmes naturels est aujourd'hui d'environ 11 GT équivalent CO₂, alors que l'humanité en émet environ 50 (soit près de cinq fois trop pour que la température planétaire cesse d'augmenter).

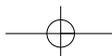
(12) Mac Kinsey, *How IT can cut carbon emissions*, octobre 2008.

(13) « ECO₂ Climat, indicateur carbone de la consommation finale des ménages en France », Carbone 4 et Mines Paris Tech, pour TF1.

(14) Voir le livre « Vers une démocratie écologique », de Dominique Bourg et Kerry H. Whiteside, Le Seuil, 2010, pour une proposition de réformes permettant d'intégrer ce temps « long » dans nos institutions.

(15) Voir par exemple « Les Etats et le Carbone », de Patrick Criqui, Benoit Faraco et Alain Grandjean, PUF, 2009.

(16) Même si les estimations en la matière ne sont pas faciles, et même s'il ne faut évidemment pas sous-estimer les transferts d'emplois qui vont s'opérer entre les perdants et les gagnants d'une telle régulation.



Les villes « post-carbone » moteurs de l'économie verte de demain ?

La mission « prospective » du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement et l'Ademe se sont engagées, début 2009, dans un important programme de prospective afin d'explorer des chemins réalistes – acceptables et efficaces – pour aller vers des villes « post-carbone ». Ce qui se passera dans les villes déterminera, en effet, largement et durablement l'ampleur et la structure de l'économie verte de demain.

par Jacques THEYS*

C'est une des caractéristiques majeures de l'économie verte que de ne pouvoir – en large partie – se concevoir sans articuler étroitement approche industrielle et approche territoriale. Ce fut le cas, hier, pour la mise en place des réseaux d'eau ou d'assainissement. C'est aujourd'hui la condition d'un développement réussi des énergies renouvelables. Ce le sera encore plus, demain, avec la perspective d'une transition vers des villes « post-carbone », qui devrait être sans doute demain le moteur essentiel de cette « nouvelle » économie.

A cette relation forte entre économie verte et évolution des villes, il y a au moins deux raisons, qui se renforcent mutuellement. D'abord, c'est dans les villes que se localisent l'essentiel des problèmes ou des enjeux auxquels l'économie verte cherche à apporter des solutions, les aires urbaines contribuant, par exemple, pour plus des deux tiers à la consommation d'énergie fossile et pour près de 70 % aux émissions de dioxyde de carbone (1). Mais c'est aussi, pour une part importante de ces mêmes villes que dépendra la mise en œuvre de ces solutions, et donc la dynamique future de ces éco-industries ou de ces éco-activités.

Même si l'on s'en tient à leurs seules compétences directes (les transports locaux, le logement social, le chauffage urbain, le traitement des déchets, la planification spatiale...), les collectivités locales ont des responsabilités qui leur donnent déjà une position non négligeable dans plusieurs des secteurs de cette économie. Plus largement, on pressent qu'à côté de l'innovation industrielle, de la demande internationale ou des incitations gouvernementales, beaucoup de facteurs locaux pourront constituer autant de stimulants puissants (ou d'éventuels freins) à l'essor des marchés verts de demain : l'organisation des marchés fonciers et du logement, l'investissement dans les réseaux, l'offre locale de formation ou de compétences, l'accès à l'information, la capacité à mobiliser les habitants ou les entreprises, la prise en charge des vulnérabilités ou des inégalités de situations géographiques...

On pourrait ainsi multiplier les exemples (le véhicule électrique, le solaire dans l'habitat, les *smarts grids*, les

réseaux de chaleur urbains, la gestion des micro-climats...) qui mettraient en évidence cette nécessaire intrication entre innovation industrielle et politique (ou innovation) locale...

Une des façons concrètes de traduire aujourd'hui cette relation entre la ville et l'économie verte est de constater que dans le Grenelle de l'Environnement plus des 2/3 des investissements projetés à l'horizon 2030 concernent les régions urbaines (2). Au-delà de ce constat – et de cet horizon – l'hypothèse que l'on formulera ici, à travers la présentation d'un exercice de prospective en cours de réalisation (3), consiste à dire que le développement pérenne de cette « nouvelle économie » dépendra beaucoup des formes que prendra, dans le futur, la transition vers des villes « post-carbone ».

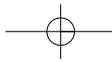
Quel rôle pour les villes, dans la transition post-carbone ?

D'ici à 2050, toutes les villes européennes (depuis les métropoles jusqu'aux plus petites) devront, en principe, être capables :

- ✓ de diviser par quatre leurs émissions de gaz à effet de serre ;
- ✓ d'être très largement autonomes par rapport au pétrole et, à un moindre degré, par rapport aux autres énergies fossiles ;
- ✓ et enfin, de s'adapter à un réchauffement climatique se situant dans une fourchette de 2 à 4 degrés centigrades, d'ici à la fin du XXI^e siècle (4).

C'est sans doute la première fois, dans l'histoire urbaine européenne, qu'un défi d'une telle ampleur va être posé simultanément à l'ensemble des villes... et il n'est pas étonnant que ce défi suscite débats et interrogations.

Sans sous-estimer l'importance des controverses qui subsistent, en particulier sur les réserves de pétrole et quant à la date où se produira le *peak-oil*, la question majeure est moins, semble-t-il, celle de la validité des trois objectifs qui viennent d'être cités que celle de l'efficacité et du réalisme



d'interventions urbaines massives, par rapport à d'autres actions alternatives *a priori* plus simples et moins coûteuses dans l'industrie, la production d'énergie, les matériaux ou les véhicules de transport... En témoigne, par exemple, le rapport Stern, référence mondiale en matière d'action sur le climat, qui ne consacre à la ville que quelques pages sur 650, ce qui est peu, en comparaison des chiffres de 60 et 70 % précédemment cités...

En réalité, on est aujourd'hui face à deux visions extrêmement contrastées par rapport à la perspective d'une « re-conception » des villes dans une société « post-carbone »

D'un côté, une vision optimiste prenant appui sur l'extraordinaire floraison d'initiatives locales en matière de villes bas carbone, d'éco-cités, d'éco-quartiers, de projets de mobilité durable, de bâtiments à énergie passive ou positive et sur le succès de certaines expériences emblématiques (Fribourg, Bedzed, Masdar City...) voit dans celles-ci les germes d'une révolution inéluctable dans la manière de construire, de se déplacer, d'habiter, dans le futur.

Si l'on ajoute qu'autour de ces expériences emblématiques se sont mis en place des réseaux de ville très actifs (5), toute une dynamique de projets innovants favorisés par des aides multiples à tous les niveaux, ainsi que des politiques normatives ou incitatives clairement affichées sur le long terme, on peut penser effectivement que le mouvement vers des villes sans carbone est lancé, que les solutions techniques existent et qu'il ne reste plus (après en avoir adopté les financements) qu'à les mettre en œuvre.

De l'autre, une vision beaucoup plus sceptique constate d'abord que les expériences précédentes ne concernent encore qu'une fraction très limitée des populations urbaines et multiplie les arguments mettant en doute l'efficacité



© Duncan Chard/The NEW YORK TIMES-REDUX-REA

« Une vision optimiste prenant appui sur l'extraordinaire floraison d'initiatives locales en matière de villes bas carbone, d'éco-cités, d'éco-quartiers, de projets de mobilité durable, de bâtiments à énergie passive ou positive et sur le succès de certaines expériences emblématiques (Fribourg, Bedzed, Masdar City...) voit dans celles-ci les germes d'une révolution inéluctable dans la manière de construire, de se déplacer, d'habiter, dans le futur. » Chantier de construction du bâtiment de la bibliothèque de l'Institut de sciences et de technologie de Masdar (Emirats arabes unis), septembre 2010.

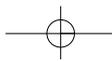
l'échelle urbaine seront longues et difficiles, la plupart des analyses disponibles montrent aussi que c'est la seule solution – et peut-être la moins coûteuse, à long terme (voir l'encart 1) – pour se rapprocher de l'objectif souhaitable du facteur 4, avec des retombées qui, par ailleurs, ne seront pas négligeables sur l'emploi local, l'attractivité, ou la qualité de vie... La question est donc moins celle de l'opportunité que celle des moyens et des stratégies : *quels chemins réalistes – acceptables et efficaces – pour aller vers des villes « post-carbone » ?*

Six sentiers de transition

C'est pour explorer et évaluer ces cheminements que la Mission prospective du MEDDTL et de l'Ademe (associés à six villes différentes) s'est engagée, début 2009, dans un important programme de prospective (6).

(voire, parfois, le sens) d'une intervention massive sur les villes : l'absence de base scientifique solide (par exemple, sur la relation entre formes urbaines et effet de serre), des coûts sociaux et économiques énormes, des inerties incompatibles avec l'urgence climatique, des problèmes financiers, de formation et de gouvernance insurmontables, le manque de pertinence de l'échelle urbaine et, finalement, le caractère fantasmagorique de la ville sans carbone idéale, qui repose pour partie sur le mythe de la « tabula rasa », ce qui est inconcevable, dans le cas des villes européennes.

En fait, ces deux perspectives – l'optimiste et la pessimiste – se rejoignent, réduisant chacune à sa manière à la fois l'importance et la complexité des changements qui, de toute façon, devront être faits dans les villes pour préparer la transition indispensable vers une société « post-carbone ». Car, si tout un chacun est convaincu que les actions à mener à



L'hypothèse de base adoptée est qu'au-delà des plans climats actuels ces sentiers de transition à long terme vont dépendre essentiellement de la perception que les acteurs concernés (en particulier, les collectivités locales) ont à la fois des incertitudes du contexte et des opportunités ou des marges de manœuvre qui leur sont ouvertes. Trois configurations, comprenant chacune deux variantes (soit six scénarios), sont ainsi envisagés, qui expriment différents degrés de scepticisme (ou, au contraire, d'adhésion) quant à la possibilité de renouveler en profondeur les « infrastructures » urbaines et énergétiques ou de changer radicalement la forme des villes ou les modes de vie urbains (voir le tableau 1).

Dans une première configuration (*scénarios 1 et 2*), les marges de manœuvre pour des politiques de « rupture » à l'échelle des villes sont perçues comme faibles : les collectivités locales, les entreprises et les habitants s'adaptent intelligemment à des incitations, à des contraintes ou à des opportunités qui sont essentiellement *externes*.

Une seconde configuration (*scénarios 3 et 4*) envisage un renouvellement massif des infrastructures urbaines et énergétiques dans des contextes plus ou moins décentralisés, mais reste prudente sur la possibilité de changer les modes d'occupation de l'espace ou les modes de vie.

Enfin, une troisième configuration (*scénarios 5 et 6*) explore les conditions et les impacts attendus de mutations de forte ampleur dans ces deux domaines.

Le choix de ces cheminements très contrastés – et presque caricaturaux – a essentiellement pour objet d'éclairer certains des enjeux clés de l'action publique future. Mais leurs conséquences sur l'économie verte seront, elles aussi, bien évidemment considérables.

Premier et second scénarios : réactivité aux « signaux prix » et valorisation intelligente des opportunités externes

Les deux premiers scénarios laissent une place déterminante au contexte. Pour des raisons sociopolitiques ou financières, toute intervention massive sur l'habitat existant ou les structures urbaines est jugé irréaliste ; les actions se limitent donc à une gestion réactive des opportunités ou des contraintes externes. Il s'agit de s'adapter, au moindre coût, à un « environnement » en grande partie subi, en jouant intelligemment des complémentarités potentielles entre *des régulations par le prix ou l'information* (hausse des prix des énergies fossiles, taxe et « carte » carbone, bonus-malus, péages urbains...), *des innovations technologiques* dans les véhicules, le logement neuf et les appareils électriques, portées par la réglementation et *des actions locales sur le fonctionnement des transports et des services dans les domaines qui sont directement de la compétence des collectivités locales* : développement des « modes doux » de déplacement, meilleure desserte en transports collectifs, réduction de la vitesse, limitation des stationnements en centre-ville, covoiturage et transports à la demande, incitations au télétravail et au commerce à distance ; mais aussi recours aux énergies renouvelables et économies d'énergie dans les bâtiments publics et les

transports collectifs... Tout cela n'exclut pas la construction d'éco-quartiers, mais dans cette hypothèse, les opérations d'aménagement exemplaires restent limitées à certaines niches urbaines relativement circonscrites.

Avec l'innovation technologique, les « signaux prix » sont, dans ces deux premiers scénarios, un déterminant majeur des dynamiques d'évolution. C'est ce qui conduit à en imaginer deux variantes sensiblement différentes entre elles.

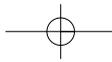
Dans la première (« ATTENTISME INTELLIGENT »), les comportements prudents et « sans regrets » sont favorisés par la situation économique (prolongation de la crise), une modération des hausses du prix du pétrole et un affaiblissement des préoccupations liées à l'effet de serre. Le risque est alors pour les villes d'avoir éventuellement à affronter des crises brutales liées à une rupture dans les approvisionnements en énergie ou à un événement climatique « extrême ».

Dans une seconde variante, au contraire (« CREATIVITE CARBONE »), les régulations économiques sont utilisées de manière active pour anticiper les contraintes futures et favoriser des changements plus précoces dans les comportements ou les nouvelles technologies (véhicules électriques, NTIC...).

Les instruments économiques (taxes, péages, tarifs) sont systématiquement mobilisés aussi bien pour infléchir les choix individuels que pour hiérarchiser les priorités locales en fonction de leur rapport coût/efficacité. Même si, dans ce second cas, on est dans une configuration où les leviers d'action restent encore essentiellement externes à la ville, les collectivités ont néanmoins un rôle majeur à jouer pour soutenir l'innovation.

Il convient de ne pas sous-estimer les résultats qui peuvent être raisonnablement attendus de ces scénarios (en particulier, naturellement, du second). Il y a cependant au moins trois raisons qui rendent ces types de cheminement fragiles et difficilement soutenables. D'abord, il s'agit de scénarios vulnérables aux incertitudes de toute nature : technologiques, mais aussi politiques, économiques ou fiscales. Par ailleurs, ils conduisent à reporter inconsidérément sur les générations futures le poids d'investissements inévitables sur le bâti – d'autant plus lourds et aléatoires (voir le tableau 1).

Enfin, et surtout, on peut craindre que ces cheminements conduisent à de telles inégalités et à de tels problèmes sociaux qu'ils en deviennent, à un certain moment, inacceptables. Une recherche extrêmement intéressante publiée en 2006 par le Cired a aussi calculé que, dans l'hypothèse d'une hausse rapide de 50 % des taxes sur l'énergie fossile et compte tenu des rigidités du foncier et du marché immobilier, les effets du déséquilibre sur le système urbain pourraient s'étendre sur un période de cinquante ans, avec en outre une baisse sensible (de 15 à 30 %) du « bien être » des consommateurs pendant la moitié de cette période (7). Le choc sera tel que s'imposera rapidement la nécessité d'interventions plus structurelles sur le logement et le foncier ; c'est ce qu'envisagent les scénarios suivants.



Marges de manœuvre Contexte	Rôle majeur du contexte (technologies, signaux prix)	Possibilité d'actions sur les investissements et les infrastructures	Possibilité d'actions sur les formes urbaines et les modes de vie
Contexte « Tendancier »	scénario 1 « ATTENTISME INTELLIGENT »	scénario 3 « NOUVELLES INFRASTRUCTURES CLIMATIQUES ET ÉNERGÉTIQUES »	scénario 5 LA VILLE CONTENUE (« À PORTÉE DE MAIN »)
Contexte « en rupture » et favorable à l'innovation	scénario 2 « CRÉATIVITÉ CARBONE »	scénario 4 « BIOPOLIS »	scénario 6 URBANITÉ SOBRE

Tableau 1 : Six sentiers de transition vers la ville « post-carbone ».

Troisième et quatrième scénarios : un renouvellement massif des « infrastructures » urbaines et énergétiques

A l'opportunité des deux premiers scénarios s'oppose le volontarisme des deux suivants, qui envisagent un *renouvellement massif des infrastructures urbaines et énergétiques*. Proches dans leur esprit du Grenelle de l'Environnement ou des « plans verts » engagés récemment dans le cadre de la relance économique, ces deux autres hypothèses passent par plusieurs *changements d'échelle* par rapport aux actions exemplaires déjà engagées dans plusieurs villes :

- ✓ un changement d'échelle massif dans le « *renouvellement énergétique* » des logements et des bâtiments anciens visant à diviser par trois, au minimum, leur consommation actuelle d'énergie fossile et pouvant concerner, en Europe, jusqu'à la moitié du parc existant ;
- ✓ un changement d'échelle dans la *restructuration* des systèmes locaux d'approvisionnement ou de production énergétique laissant une part beaucoup plus grande aux énergies renouvelables et à la récupération de chaleur ;
- ✓ un changement d'échelle, aussi, dans les infrastructures de *protection contre les conséquences du changement climatique* ;
- ✓ et enfin, évidemment, un changement d'échelle dans les *infrastructures de transport collectif*, avec pour objectif la règle des trois tiers aujourd'hui appliqués à Fribourg (1/3 d'automobiles, 1/3 de transports en commun et 1/3 de modes de déplacement doux).

Pour donner un ordre de grandeur très grossier de l'ampleur de ces mutations, on peut citer deux chiffres : de 10 à 15 % de l'investissement dans le logement pour les particuliers et une proportion équivalente des dépenses d'investissements dans les infrastructures (y compris dans les infrastructures immobilières) pour l'ensemble des acteurs.

Rentables *à long terme*, car permettant de réduire durablement les factures énergétiques ou de transport, et fortement créatrice d'emplois, ces stratégies d'investissement se déclinent également selon *deux variantes*.

Une première variante (« *NOUVELLES INFRASTRUCTURES CLIMATIQUES ET ÉNERGÉTIQUES* »), plutôt centralisatrice, privilégie les grands réseaux énergétiques et les actions individuelles. Une seconde (« *BIOPOLIS* »), beaucoup plus

décentralisée, donne la priorité à la production locale d'énergie, à l'adaptation au changement climatique et aux solutions collectives (stockage d'énergie partagée dans des micro-réseaux, valorisation de la biomasse...), dans une perspective de reconfiguration des relations entre ville et nature, entre espace rural et espace urbain.

Ces deux scénarios auraient *a priori* le grand avantage de ne pas supposer de contraintes fortes dans l'organisation des territoires urbains et dans la localisation des entreprises et de l'habitat. Leur financement pourrait, en outre, bénéficier de l'intégration des villes dans les mécanismes de marchés de carbone européens ou mondiaux.

Là encore, cependant, apparaissent certaines limites qui font douter de la possibilité de faire l'économie d'actions plus structurelles portant sur l'espace ou les modes de vie.

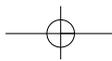
D'abord, on peut difficilement imaginer qu'un tel renouvellement massif des infrastructures n'ait pas de conséquence en termes d'aménagement urbain. Dans les grandes villes, une des questions qui risque de se poser rapidement dans ces configurations est celle du choix entre la « *réhabilitation* » des bâtiments existants et leur reconstruction, sur place ou dans de nouveaux quartiers : dans tous les cas, il y aura des impacts fonciers et spatiaux importants.

On sait aussi que chacune de ces stratégies sera complexe, coûteuse et lente à mettre en œuvre – en raison du taux de renouvellement des parcs et des délais dans les projets. Il y aura des problèmes institutionnels, financiers, de manque de personnel qualifié, de régulation des marchés pour les énergies renouvelables... Il y aura aussi des groupes sociaux qui ne pourront pas payer, avec un risque de forte augmentation de la « *précarité énergétique* ».

L'efficacité de tels scénarios risque donc d'être plus limitée que prévue, ce qui devrait justifier, en parallèle, d'autres types d'intervention, dans les domaines du foncier, du logement social, de l'aménagement, de la gestion des trafics...

Enfin, surtout, on peut se demander si les avantages de chacun de ces deux scénarios, par ailleurs très différents, ne seraient pas rapidement compensés par les conséquences d'un étalement urbain ou de dynamiques de localisation non maîtrisées.

On sait qu'au-delà d'un certain seuil de densité de population et d'emploi, les infrastructures lourdes en transports collectifs, par exemple, ne sont pas rentabilisables. Et, surtout, on a calculé que les gains en réduction des rejets de



CO₂ que l'on pourrait attendre de politiques massives de renouvellement énergétique des parcs existants serait presque complètement annihilés par les surcoûts de consommation ou d'émissions liés à l'extension des villes et à la mobilité accrue en découlant.

Cela veut dire que l'adaptation des villes aux défis climatiques et énergétique futurs ne saurait se limiter aux infrastructures et au bâti, mais qu'elle devra également concerner la géographie des localisations, les formes urbaines et les modes de vie et c'est ce qui nous amène aux deux dernières hypothèses.

Cinquième et sixième scénarios : une reconfiguration forte des territoires urbains et des modes de vie sous la contrainte climatique et énergétique

Les scénarios 5 et 6 de reconfiguration des territoires urbains et de changement des modes de vie sont ceux auxquels on pense le plus spontanément lorsque l'on cherche à se représenter ce qui pourrait être la ville « post-carbone » – avec l'image d'agglomérations plus compactes, mieux équilibrées, alliant mixité fonctionnelle et mixité sociale, bien structurées par des réseaux de transport collectif performants mais aussi de modes de vie plus sobres... En réalité, ce sont aussi les plus difficiles à concevoir, et ceci pour deux raisons de nature très différente.

Le *premier obstacle* est scientifique. Il subsiste, en effet, une controverse importante sur ce que pourrait être une structuration urbaine « idéale » du point de vue énergétique et du risque climatique (dense, polycentrique, etc.).

La *seconde difficulté*, sociopolitique, est le scepticisme dominant quant à la possibilité de changer en profondeur, ou même simplement d'infléchir, les structures et les localisations urbaines.

Une chose est d'observer qu'il existe des « modèles » plus ou moins adaptés à la future société « post-carbone ». C'en est une tout autre que d'imaginer, et surtout de conduire, les transitions vers ce qui serait effectivement souhaitable.

Une simulation très intéressante faite en 2006 par l'Ecole des Mines de Paris sur la ville indienne de Bangalore a montré qu'en combinant un certain nombre de politiques bien précisées, on pouvait diviser les consommations de carburant et les émissions de CO₂ par deux en vingt ans : une maîtrise foncière des densités, un endiguement de l'extension urbaine autour des grands axes de transport et des pôles d'échanges (urbanisme en doigts de gant...), des « désincitations » fortes à l'usage de la voiture (limitation des vitesses...), un développement de la mixité fonctionnelle des emplois et des logements dans la « première couronne » (avec mixité sociale et reconquête des friches industrielles et urbaines), une maîtrise des implantations commerciales et des grands générateurs de trafic (hôpitaux, universités, grandes entreprises...) (8). C'est une trame de scénario *a priori* intéressante pour une ville « post-carbone », mais qui ne rend naturellement pas compte de toutes les difficultés concrètes de la conduite d'une telle transition.

Il y a d'abord, bien évidemment, le poids de l'*inertie* (surtout dans les villes européennes, où la « transition urbaine »

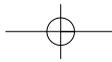
est déjà très avancée). Il y a ensuite, comme le suggère la longue liste des mesures proposées pour Bangalore, la très *grande complexité des systèmes d'action* à faire évoluer : modifier les formes urbaines, cela présuppose non seulement d'articuler les politiques foncières, immobilières et de transport, mais aussi d'intervenir sur la localisation des entreprises, sur le marché de l'emploi, sur la fiscalité locale, sur les services..., avec tous les problèmes de gouvernance que cela implique. Il y a aussi la question de l'échelle : l'échelle de l'agglomération apparaît elle-même de moins en moins pertinente comme espace de structuration des déplacements et d'agencement des grandes fonctions urbaines, si bien que l'on est fondé à se demander s'il ne serait pas plus efficace de repenser, non pas les villes, mais l'aménagement des territoires et des régions urbaines – ce qui reposerait, d'une autre façon, la question du polycentrisme.

Il y a enfin, et surtout, *les conséquences majeures qu'auront en termes de modes de vie et de relations sociales* les ruptures politiques qui viennent d'être évoquées. La baisse historique des densités constatée depuis deux siècles en Europe – et accélérée depuis le milieu des années 1970 – s'explique par des raisons très profondes, qui ne sont pas seulement liées à l'évolution des systèmes de transport et au marché immobilier, mais à des choix de modes de vie, à l'organisation familiale, à l'individualisme, aux préférences pour la nature, à la peur de l'autre... Or, comme Marc Wiel, ancien Directeur de l'Agence d'Urbanisme de Brest, l'exprime très bien, « dans l'évolution vers la ville post-carbone, on ne pourra pas gagner sur tous les tableaux à la fois », c'est-à-dire sur la densité et les émissions de CO₂, sur les vitesses de déplacement, sur le coût du logement, sur l'accès à la nature et aux services, sur les modes de vie et l'organisation du temps... « Il faudra choisir ».

Cela suggère, là encore, *deux variantes* possibles de cette intervention sur les formes urbaines et les modes de vies. Dans une première variante (« LA VILLE CONTENUE »), les moteurs essentiels de la transition seraient les collectivités locales et les politiques territoriales de « réagencement » ou de planification des régions urbaines. Dans une seconde variante (« URBANITÉ SOBRE »), les transformations majeures proviendraient de ruptures importantes dans les modes de vie et les systèmes de valeurs, avec une évolution marquée vers des sociétés à la fois plus urbaines et plus frugales.

Dans l'une et l'autre de ces hypothèses, une des clefs qui semble devoir être déterminante pour aller vers une reconception des villes dans la société « post-carbone » devrait être le fait de bien différencier, pour mieux les articuler ensuite, les différentes échelles territoriales. Marc Wiel, que nous avons déjà cité, propose ainsi de distinguer *quatre échelles différentes* :

- ✓ le *quartier*, lieu d'accès à l'habitat et aux services de proximité,
- ✓ l'*agglomération*, lieu de cohérence entre emploi, logement et services,
- ✓ les *régions urbaines* (ou les métropoles), espaces de maîtrise de l'urbanisation et de configuration des grandes infrastructures,



✓ et enfin, l'aménagement du territoire (l'extra-urbain), lieu des grands arbitrages entre nomadisme et sédentarité, entre activités réelles et activités virtuelles, entre loisirs et emplois... et donc des grands choix en termes de modes de vie et d'aménagement du temps.

C'est là, sans doute, une complexité supplémentaire. Mais on ne peut imaginer une transition aussi radicale que l'évolution vers des villes « post-carbone » sans tenir, à la fois, tous les fils correspondant à ces multiples échelles.

Des effets très structurants sur les économies vertes de demain

L'évaluation précise des conséquences économiques des six scénarios évoqués plus haut ne sera faite que début 2011, mais leur simple évocation permet d'ores et déjà d'avancer quelques conclusions fortes sur les relations entre villes « post-carbone » et économie verte :

- ✓ Quelle que soit l'hypothèse qui se réalisera, on peut considérer que ce qui se passera (ou pas) dans les villes déterminera en large partie et durablement l'ampleur et la structure de l'économie verte de demain. Cela est très probable en termes d'emplois (compte tenu du poids prépondérant du bâtiment dans les créations d'emplois attendues), mais aussi, dans une moindre mesure, en termes d'exportations (en raison de l'explosion de la demande urbaine dans les pays émergents et de l'importance, à l'export, d'offres intégrant produits, ingénierie et services). Naturellement, cet effet de structuration est lié aussi au fait que la transition vers des villes « post-carbone » sera, à l'évidence, longue.
- ✓ Dans la pratique, cela veut dire qu'à-côté des performances industrielles, des incitations publiques ou des « signaux prix », beaucoup de facteurs locaux vont conditionner la dynamique future de ces éco-activités : d'abord, la capacité des acteurs concernés à articuler stratégie urbaine, innovation, expérimentation et formation (par exemple, à travers les éco-quartiers ou les *living labs*), mais aussi, beaucoup plus largement, l'organisation institutionnelle, la fiscalité locale, les politiques foncières, les pratiques d'information et de participation, le financement des infrastructures ou les relations entre propriétaires et locataires, ... parmi bien d'autres choses.
- ✓ Une troisième conclusion est le fait que les configurations futures de l'économie verte vont naturellement fortement dépendre des hypothèses qui vont effectivement

se réaliser. Sans abuser des comparaisons, on voit bien, par exemple, que l'on évoluera, pour le scénario 3, vers des investissements importants dans l'isolation, les pompes à chaleur, la construction d'infrastructures et, dans le scénario 4 (« BIOPOLIS »), vers beaucoup plus de photovoltaïque, de biomasse et de réseaux locaux de stockage et de distribution d'énergie (renouvelable). *La diversité des transitions vers la ville « post-carbone » va ainsi potentiellement conduire à une diversité tout aussi grande d'économies vertes* (qu'il faut donc envisager dès maintenant au pluriel).

Enfin, il ne faut pas oublier que le choix qui sera fait de telle ou telle trajectoire vers la ville « post-carbone » aura aussi des effets majeurs sur leur attractivité, leur sécurité ou la qualité de vie qui y régnera, avec, à terme, d'autres effets induits au moins aussi importants sur l'économie verte des décennies à venir.

Dans une perspective de développement durable, ces retombées indirectes seront, sans doute, déterminantes...

Notes

* Responsable de la mission « prospective » du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

(1) Source : *The World Energy Outlook, International Energy Agency, 2008.*

(2) Source : Evaluation des impacts économiques du Grenelle de l'Environnement, CGDD, MEEDDM, octobre 2008.

(3) Voir la note 7, ci-après.

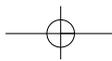
(4) Selon les estimations les plus récentes de 4^{ème} rapport de l'IPCC, publié en 2010.

(5) On peut estimer qu'aujourd'hui entre 1 500 et 2 000 villes (au minimum) appartiennent à des réseaux de villes « bas ou post-carbone » en Europe et dans le monde, ce qui témoigne de la forte implication des collectivités locales sur ce thème.

(6) Le programme « Repenser les villes dans des sociétés post-carbone » a été lancé fin 2009 et devrait être achevé au printemps 2011. Il s'appuie sur vingt-deux recherches, dont six recherches-actions avec des collectivités locales. Pour une information complémentaire, voir le site : « ville post-carbone.com », ainsi que le numéro 2 de la revue « Horizon 2030-2050 » publiée par la Mission prospective (MEEDDM/CEDD).

(7) Source : François GUSDORF et Stéphane HALLEGATE : « *Behaviors and housing inertia are key factors in determining the consequences of a shock in transportation costs* », CIREA, décembre 2006.

(8) Source : Pierre-Noël GIRAUD et Benoît LEFEVRE, « Signature énergétique des transports urbains, un outil d'évaluation de la durabilité des dynamiques urbaines », PUCA, MEEDDM, 2006.



Energie et Territoires : Vers un concept « Energie 2.0 » avec les collectivités locales

Les systèmes centralisés ont-ils un avenir au XXI^e siècle ? L'effondrement du système soviétique comme la désintégration progressive de l'Eglise catholique, en passant par la transformation rapide de l'informatique originelle, sont autant d'indices qui semblent prouver le contraire. La quête de spiritualité aurait-elle disparue ? Que non ! Il n'y a jamais eu autant de diversité spirituelle, de lieux et de chapelles de toutes sortes.

Le traitement de l'information ne serait-il plus d'actualité ? C'est naturellement tout le contraire !

par Gérard MAGNIN*

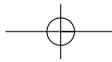
Mais l'informatique « verticale » de grand-papa, avec un ordinateur central intelligent et des terminaux bêtes, a vécu, il y a déjà longtemps, faisant place à une interconnexion illimitée de producteurs et de consommateurs d'information sur un mode d'échange « horizontal ». Il en est ainsi du Web, ce nouveau-né qui aurait déjà vécu plusieurs générations, d'une conception « top down » aux approches dites « 2.0 », selon lesquelles les consommateurs d'information en sont aussi les fournisseurs. Il en va également ainsi de Facebook, de Twitter et autres « réseaux sociaux ».

Les exemples pourraient être multipliés. Les grandes entreprises privées ont dépassé les systèmes pyramidaux devenus inefficaces pour faire place à des unités plus autonomes fonctionnant en réseau. Le modèle des grandes administrations publiques souffre de ne pas avoir su s'adapter assez rapidement en ce sens. En un mot, tout a changé dans les modes d'organisation, ou est en train de le faire, selon des rythmes différents, certes, mais la tendance est générale.

L'organisation des systèmes énergétiques échapperait-elle à cette tendance universelle ? Et, si oui, en fonction de quelles spécificités qui seraient propres à ce secteur ? Ou, au contraire, le secteur énergétique n'a-t-il pas déjà entamé sa mutation vers un concept « 2.0 » ? Une conception décentralisée des systèmes énergétiques (et pas seulement électriques) ne serait-elle pas une clé déterminante de la durabilité de notre société, de notre sécurité d'approvisionnement et, au-delà, de la paix et de la démocratie ? Pensés pour être puissants, les systèmes centralisés ne deviennent-ils pas fragiles dans le monde du XXI^e siècle ? Considérés aisément comme aléatoires et peu fiables, les systèmes décentralisés, dès lors qu'ils foisonnent et se mutualisent, ne sont-ils pas en train d'ap-

paraître comme des gages de stabilité et de sécurité. Exagération ? Vue de l'esprit ? Cela reste à voir !

Quelle est l'histoire contemporaine de l'énergie, dans les pays réputés « industrialisés » ? Depuis la première révolution industrielle, celle du charbon, de la sidérurgie, de la machine à vapeur puis des transports ferrés, nos sociétés ont commencé à se libérer de la contrainte que constituaient la rareté énergétique et l'impossibilité de penser un quelconque développement autrement qu'en recourant aux ressources énergétiques de leur environnement territorial immédiat. C'était là, en effet, le lot commun des sociétés préindustrielles, une situation qu'une partie du monde connaît encore aujourd'hui. La seconde révolution industrielle, celle du pétrole, de l'électricité interconnectée, puis du gaz, a très nettement accéléré ce mouvement de libération, qui a entraîné, à son tour, une croissance économique que l'histoire n'avait encore jamais connue. Notre histoire et celle de l'énergie sont étroitement liées. La très grande inégalité de développement entre le Nord et le Sud a donné à nos pays l'immense avantage de pouvoir consommer, avec seulement 25 % de la population mondiale, 75 % de la production énergétique, pendant que les 3/4 de la population mondiale devaient se contenter du reste. En étant cynique, on pourrait dire que nous avons eu beaucoup de chance. L'abondance énergétique, l'impression que les ressources étaient illimitées, a constitué le cadre de notre pensée et de notre action, même si des investissements très importants ont été consacrés à la mobilisation de ces ressources, à leur transformation et à leur acheminement. Mais cela valait la peine quand ces ressources étaient (quasi) gratuites. L'apartheid mondial touchant à sa fin, ce monde est en train de s'achever. Mais, comment a-t-on pu en arriver là ?



Cette période s'est caractérisée par une vision singulière du progrès. Celui-ci a, dans les faits, été mesuré par notre capacité à nous affranchir des contraintes naturelles (dont les contraintes énergétiques) de notre environnement en recourant à des solutions exogènes. Du côté de la demande, on s'est adressé à des énergies elles-mêmes exogènes, indifférenciées, souvent sans relation avec les usages finaux, tout en ignorant les ressources localement disponibles. On ne s'est pas préoccupé davantage des rejets et déchets engendrés par la transformation de l'énergie primaire, sauf lorsqu'elle génère une pollution locale. Du côté de l'offre, et singulièrement dans notre pays, qui a privilégié la centralisation énergétique, on a produit de l'électricité sans égard pour la chaleur générée, considérée comme un rejet indésirable, et jamais comme un coproduit. Dès lors, l'évacuation de la chaleur « inutile » (soit environ les deux tiers de l'énergie primaire, tout de même !) est devenu un problème à résoudre plutôt qu'une opportunité à saisir. Le paradoxe n'est-il pas que l'on repère une centrale électrothermique à... ses tours de refroidissement ? Il n'y a d'ailleurs jamais vraiment eu de politique de la chaleur (peu stratégique, du point de vue industriel, et peu prestigieuse, pour les ingénieurs), qui représente 40 % des besoins, alors qu'il y a de longue date une politique de l'électricité, qui ne représente que 20 % des besoins, mais qui surdétermine toujours le système énergétique d'un pays dans son ensemble. Ceci a résulté d'une approche centralisée, mono-produit et nationale, centrée sur des besoins macro-énergétiques quantitatifs, là où une approche décentralisée, locale, davantage qualitative, s'appuiera sur les besoins simultanés de chaleur, de froid et d'électricité spécifique, ainsi que sur l'exploitation des potentiels énergétiques locaux, incluant les économies d'énergie potentielles. Penser « ressources locales » (bois, soleil, vent, eau, sol, biomasse, etc.), c'était témoigner d'une marginalité rebelle à la modernité, voire d'une résistance à celle-ci. Etre moderne, c'était remplacer son chauffage au bois par un système au fioul, puis par un convecteur électrique. Quitte à ce que derrière la prise électrique se cache, sans remonter jusqu'aux extractions de ressources primaires, un cycle infernal de production de vapeur, de transformation énergétique, de transport et de distribution électrique, qui produit 70 % de pertes, tout cela, pour apporter 20°C dans un appartement ! Aussi absurde qu'il soit, mais marqué du sceau du progrès, ce schéma a peu souffert de contestation, en particulier dans les cercles où se prennent en réalité les décisions en matière d'énergie.

Cette conception du progrès a déjà montré ses limites à plusieurs reprises. Ce fut le premier choc pétrolier de 1973, puis celui de 1979, pour ce qui concerne les ressources, suivis de soubresauts réguliers des prix (notamment en 2008), sur fond de conflits armés dans les zones de ressources. La référence croissante au *Peak Oil* laisse augurer des lendemains difficiles. L'Agence Internationale de l'Énergie lance un nouveau signal d'alarme dans son *World Energy Outlook 2010* (1). Un récent rapport de la Bundeswehr, rendu public par le site Spiegelonline (2), montre à quel point la lutte pour le contrôle des approvi-

sionnements énergétiques est grosse d'une montée des nationalismes et des populismes, d'un recul de la démocratie, de retournements d'alliances stratégiques, ainsi que d'occupations militaires permanentes. Ce sujet suscite des angoisses collectives croissantes, ce qui est rarement de bon augure.

Three Miles Island (1978), puis Tchernobyl (1986), ont, en leur temps, alerté le monde sur les contraintes que l'énergie nucléaire pouvait rencontrer. La situation critique au Niger, en cette fin 2010, est un autre signe patent d'une situation non durable. Eclate en effet au grand jour la coexistence – de fait, inacceptable – d'un pays connaissant le plus grand des dénuements et la fourniture d'un produit stratégique à des pays riches, et singulièrement à la France.

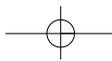
Le début des années 2000 a été marqué par quelques *black-out* électriques en Europe, qui ont montré la fragilité d'un système principalement basé sur des échanges importants d'électricité, au détriment d'une production qui serait plus répartie. C'est ce que l'on dit à chaque tempête qui ravage les réseaux..., en attendant la prochaine.

La fin des années 1980, avec la création du GIEC (1988), puis la Conférence de Rio (1992) et le Protocole de Kyoto (en 1997, pour une entrée en vigueur en 2005) ont montré les limites de notre système énergétique quant à l'équilibre de la planète, voire la survie de l'humanité. La COP 15 de Copenhague a, en 2009, mis en exergue la responsabilité de notre mode de développement et des relations Nord-Sud. La COP 16 de Cancun s'est entendue pour remettre à plus tard un accord post-Kyoto que chacun s'accorde à considérer urgent. La tentation de privilégier les solutions d'adaptation sur les solutions d'atténuation est croissante, et cela ouvre la porte à des raisonnements dramatiques du type « Profitons-en, tant qu'il en est encore temps ! ».

Qui ne ressent au fond de lui-même, comme citoyen, cette situation comme non durable, c'est-à-dire qui ne peut pas durer ? On peut se demander si le succès finalement universellement rencontré par la terminologie de développement durable n'est pas un simple artifice qui, par l'ajout d'un adjectif magique, perpétuerait l'illusion que tout cela pourrait durer encore un certain temps. Les énergéticiens ne sont pas absents du jeu et la terminologie « énergie durable » est devenue un instrument de *marketing* tant des gaziers que des électriciens ou des pétroliers, même s'ils restent mesurés dans leurs propos, tant ils ont conscience qu'il s'agit là d'un terrain particulièrement glissant.

Nous vivons une période de grande incertitude dans le domaine énergétique.

Pendant toute cette période, nous avons agi tel des enfants abandonnés à eux-mêmes, sans avoir la moindre notion de ce que sont les « limites ». Nous avons beaucoup joué. Nous avons sombré dans l'addiction à l'énergie abondante, illimitée et pas chère ! Nous avons construit des sociétés « hors-sol », « *plug and play* », isolées de leur environnement. Comme un troupeau de vaches laitières Holstein se nourrissant de soja et de déchets végétaux industriels où que soit localisé leur élevage, nos territoires, à quel que niveau que ce soit, d'une simple construction à un lotissement, d'un quartier à un village,



d'une ville à une région, ont agi de même. Ce qui est vrai pour les territoires l'a été aussi pour la production industrielle et agricole. L'automobile est le symbole de cette période marquée par une revendication de liberté individuelle et par l'allergie aux contraintes. La société press-bouton est une société facile et confortable. Il n'est nul besoin de la réglementer pour qu'elle suive un chemin que l'on imagine « naturel ». L'énergie abondante et peu chère a permis une explosion des transports intercontinentaux, aussi bien des hommes que des produits industriels et alimentaires. Elle a permis de pousser un peu plus loin une forme de taylorisme planétaire, la division du travail selon la théorie des avantages comparatifs. Les intrants chimiques (et donc, énergétiques) et les manipulations génétiques ont construit une agriculture de plus en plus étrangère aux potentiels intrinsèques des lieux de production, comme le démontre le cas du maïs et de ses consommations d'eau pour prendre un exemple simple. Ce système est malade ; notre développement doit devenir responsable (3).

Notre système a fait disparaître la relation entre les territoires et leur approvisionnement énergétique (4). La disjonction, au fil du temps, des fonctions d'offre et de demande énergétiques, ainsi que l'éloignement toujours croissant des lieux de consommation de l'énergie de ses lieux de production ont conduit à déresponsabiliser les consommateurs d'énergie vis-à-vis de l'impact de leurs décisions sur les ressources et les rejets. Il en a été évidemment de même de tous ceux qui influent, directement ou indirectement, sur cette consommation, qu'ils soient fabricants d'appareils, architectes ou urbanistes, aménageurs et élus locaux : leur prise en compte de l'impact énergétique de leurs décisions est récente et parfois encore embryonnaire. La disparition du lien visible et compréhensible entre une ressource naturelle et son utilisation rend myope, et la myopie produit l'irresponsabilité : l'usage de l'eau en situation de rareté est optimisé, alors que le gaspillage est roi en situation d'abondance ; la pile de bois qui descend devant la maison éveille l'attention de l'habitant sur son utilisation rationnelle beaucoup plus que le compteur qui tourne ou la pompe à essence qui remplit le réservoir à partir de ressources qui semblent venir de nulle part ; l'énergie humaine ou animale nécessaire au transport oblige à l'économiser, à prendre garde à sa pérennité et à limiter les distances, alors que l'affranchissement des contraintes énergétiques naturelles va accroître considérablement les consommations, augmenter les distances et, sur le plan local, accélérer un étalement urbain échappant à toute maîtrise. Cet affranchissement vis-à-vis de ces contraintes a été salutaire à maints égards et nul ne saurait le nier. Il a cependant produit, par ricochet, comme c'est souvent le cas, une contrepartie dont nous commençons à devoir payer le prix.

Durant cette période, on a assisté à une déresponsabilisation totale des territoires vis-à-vis de leur approvisionnement énergétique, tout au moins dans les pays où les collectivités locales ne disposent pas de cette prérogative. Ceux-ci ont abandonné leur responsabilité devant une

ressource essentielle à la vie et à toutes les activités humaines et économiques, mettant leur destin entre les mains de compagnies monopolistes, d'émirats pétroliers et de fournisseurs de gaz, ainsi que de centrales de production électriques centralisées, dont tout accident majeur réduirait à néant les certitudes technologiques triomphantes.

D'un côté, la liberté ; de l'autre, la dépendance et peut-être, demain, la vulnérabilité.

Mais cette situation est en train de changer

Les territoires infranationaux souffrent d'un déficit de connaissance préoccupant quant aux flux qui les traversent. Si l'on connaît les données macro-énergétiques et macro-climatiques au niveau national, avec leurs déclinaisons par secteur statistique – habitat, tertiaire, transport, industrie, agriculture –, la situation est tout autre, au niveau territorial. Les Régions se sont dotées récemment d'instruments de connaissance statistiques qui constituent un premier pas, mais dès lors que l'on se situe à un niveau directement opérationnel, c'est-à-dire dans une ville, une agglomération ou un pays, le déficit en connaissances correspondant à un niveau de désagrégation statistique suffisant pour pouvoir passer du savoir à l'action est flagrant. Or, on n'a jamais vu une comptabilité générale faire autre chose que de rendre compte d'une situation et de fournir quelques ratios. Seule la comptabilité analytique permet d'aller au niveau de détail indispensable. Cela n'existe pas encore de façon suffisante au niveau territorial, en matière de statistiques énergétiques.

Comment, dans ces conditions – selon quel hasard ? – les décisions locales, dont celles qui ressortissent à l'urbanisme, pourraient-elles être vertueuses quant à leur impact sur les consommations énergétiques et, donc, sur les émissions de gaz à effet de serre ?

Au travers des Plans Climat Energie Territoriaux (5) et de l'engagement croissant des villes dans la Convention des Maires (6), une évolution significative se fait jour qui laisse augurer d'une accessibilité de ces connaissances, mais dans des conditions d'acquisition des données parfois difficiles et onéreuses.

On sent poindre un mouvement de fond qui revendique l'accès à cette connaissance, ainsi que des prérogatives d'action proche du terrain, des activités économiques et des citoyens.

Rétablir les liens, leur visibilité et leur compréhension

Ce n'est évidemment pas un retour en arrière qui est en train de se produire. Bien au contraire, il s'agit de se réapproprier des responsabilités et de rechercher des solutions rendues possibles par les technologies aujourd'hui disponibles, afin de limiter sur le moyen et le long terme la vulnérabilité énergétique des ménages, des entreprises, des territoires à quel que niveau qu'ils se



© EUROPEAN UNION 1995-2010

« Au travers des Plans Climat Energie Territoriaux et de l'engagement croissant des villes dans la Convention des Maires, une évolution significative se fait jour ». Le Président de la Commission européenne, José Manuel Barroso, au deuxième colloque de la Convention des Maires, Bruxelles, 4 mai 2010.

situé, et en même temps d'atténuer le changement climatique. Rétablir le lien entre la consommation énergétique et son impact, tant amont (sur les ressources) qu'aval (les rejets qu'elle génère), le rendre visible, compréhensible par chacun et opérationnel : voilà ce qui devrait désormais guider la réflexion et les propositions dans ce domaine. Sinon, tous les discours sur la prise de conscience de citoyens-sensés-modifier-leur-comportement ne seront que peine perdue. Et que dire du comportement de ceux que leurs appétits et leurs moyens financiers affranchissent de toute limite et qui consomment avec ostentation ? Sans une implication personnelle et professionnelle de tous les acteurs, du citoyen à sa commune, sa région, son pays, son continent, etc., il y aura bien peu à attendre, en termes de changement de cap énergétique et climatique. Or, il ne semble pas qu'une attention suffisante soit portée à cette question. Le mythe de la technologie salvatrice qui nous dispenserait de changer nos comportements à tous les niveaux de décision est, à cet égard, contreproductif.

Energie et économie locale : vers une « subsidiarité énergétique » ?

Depuis l'après-guerre et les nationalisations de l'électricité et du gaz qui ont auréolé ces énergies du sceau du progrès économique, social et national, la chaîne de valeur des activités énergétiques dans notre pays développés a été principalement pensée en-dehors des territoires infranationaux (le territoire national étant le seul à avoir été pris en considération, y compris pour offrir un service d'approvisionnement dit universel). Les dépenses liées aux achats d'énergie sur un territoire quittent ledit territoire pour un autre, lointain et anonyme, pour l'essentiel situé en-dehors du pays de consommation, et presque toujours en-dehors de la région de consommation. C'est toujours une perte nette pour le circuit économique local, qui est le plus généralement ignoré.

On se félicite des « retombées » économiques et fiscales d'une centrale de production d'électricité conventionnelle située sur un territoire donné. En revanche, d'aucuns sont

toujours prompts à crier haro sur telle ou telle intercommunalité impliquée dans un projet éolien qui ne serait motivé que par des retombées fiscales et serait essentiellement préoccupée de tirer des recettes de cette production d'énergie. C'est là une preuve du fait que le territoire local n'apparaît pas encore légitime, dans notre pays, dès lors que l'énergie joue un rôle dans une production locale de valeur. Il en va tout autrement dans les pays où la question énergétique relève davantage de la responsabilité locale. Or, il y a fort à parier que les activités énergétiques (au sens large) vont contribuer à créer davantage de valeur – et ce, durablement – sur les territoires, qu'il s'agisse d'isoler les bâtiments, de construire et entretenir des installations de production décentralisées ou de produire des ressources renouvelables, etc. Il s'agit, en fait, de remplacer de l'énergie consommée inconsciemment par son utilisation et son optimisation intelligentes et une partie de l'énergie « importée » sur le territoire par de l'énergie produite, collectée ou mobilisée sur place.

C'est pourquoi nous proposons le concept de « subsidiarité énergétique ». Dans son acception générale, la subsidiarité suppose que des solutions soient recherchées au plus près des problèmes à résoudre. Dans son acception particulière relative à l'énergie, cela implique de mobiliser de façon systématique et intégrée les potentiels énergétiques disponibles localement, à savoir :

- ✓ le potentiel d'efficacité et d'économie d'énergie du système territorial,
- ✓ les ressources énergétiques renouvelables décentralisées disponibles localement,
- ✓ puis, de façon concentrique, l'approvisionnement exogène complémentaire.

Une telle approche participe de la re-responsabilisation des territoires vis-à-vis de leur approvisionnement énergétique. C'est peu de dire qu'elle ne constitue pas, à ce jour (en particulier en France) la tendance dominante. Il n'est évidemment pas question de contester la nécessité de formes de production centralisée et de créer des illusions au sujet d'une autonomie énergétique des territoires. Mais il s'agit d'une approche différente et ce serait nier la réalité que d'ignorer des tendances émergentes qui vont dans ce sens à différents niveaux. Autonomie et solidarité doivent fonctionner de pair. Ce serait nous priver d'opportunités que de ne pas tirer parti des nouvelles pratiques.

Quand Växjö fournit 84 % de la chaleur – et 57 % de la chaleur et de l'électricité réunies – de toute la ville à partir de biomasse, ce n'est pas parce que le bois est une nouveauté en Suède, mais parce que les élus se sont fixés un objectif « *zero fossil fuel* » et qu'ils ont été enthousiastes pour rechercher des solutions. Le Lac Léman existe depuis longtemps, mais c'est parce que Genève vise des objectifs ambitieux en matière d'énergies renouvelables que désormais les institutions internationales sont rafraîchies avec l'eau du lac. Quand Heidelberg conçoit la totalité de son nouveau quartier au standard passif, cette ville démontre la faisabilité de ce qui semble encore souvent une utopie. Etre curieux de ses potentialités permet de mettre au jour des trésors insoupçonnés (voir l'encadré 1).

Encadré 1

« *Je pense que vous devez d'abord vous fixer un objectif impossible. Des choses incroyables arrivent lorsque les gens décident de créer l'impossible* ». *Shaunna Sowell, vice-présidente aux infrastructures mondiales de Texas Instruments.*

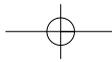
Au niveau local, les villes s'engagent sur les objectifs de l'Union européenne, et même au-delà. Elles sont de plus en plus nombreuses à penser l'énergie depuis leur territoire en réalisant des programmes massifs de réhabilitation thermique, en mobilisant les ressources renouvelables, en produisant localement, en cogérant chaleur et électricité, en privilégiant les modes de transport doux, en favorisant les circuits courts, en intégrant l'énergie dans leurs projets urbains. Songeons à ce que le Grenelle de l'Environnement a emprunté aux innovations des villes, en particulier de celles de pays fédéraux et nordiques, là où la législation laisse une large part d'autonomie législative aux autorités locales et où la question énergétique est pleinement une responsabilité municipale. C'est pour tirer au mieux parti de ces nouvelles pratiques, pour leur donner sens et augurer ce que pourraient être des villes à l'horizon d'une génération et plus, qu'Energy Cities a lancé l'initiative Imagine (7), qui vise à donner corps au concept de « Ville à Basse Consommation Énergétique et à Haute Qualité de Vie pour Tous » (8).

Des politiques nationales se mettent également peu à peu en place, qui favorisent cette approche, mais de façon souvent encore timide, certains Etats étant peu empressés de partager leur politique énergétique avec des niveaux « inférieurs » (9).

Au niveau européen, le traité de Lisbonne a intégré une nouvelle dimension, qui s'ajoute désormais à la Cohésion économique et sociale : la Cohésion territoriale. Ce concept va continuer à se construire au fil de l'analyse des politiques de l'Union européenne sous un angle territorial. Comme l'Energie est également, quoique partiellement, entrée dans le traité, il est tentant d'explorer les potentiels d'une interrelation forte entre Energie et Cohésion territoriale (10) sous un double aspect :

- ✓ en quoi les territoires pourraient-ils mieux tirer parti d'une politique énergétique faisant une plus large place aux systèmes décentralisés, à l'exploitation systématique des potentiels locaux et à une plus grande intégration de l'offre et de la demande d'énergie en termes de croissance, de stimulation d'activités, d'emplois et d'innovation ?
- ✓ en quoi la politique énergétique pourrait-elle tirer parti, pour se renouveler et s'adapter à une demande sociale croissante, de l'énorme potentiel des territoires à innover, à inventer des solutions et des systèmes nouveaux dès lors que seraient libérées les capacités créatrices que recèlent des millions d'acteurs de terrain ?

L'entrée de la *Cohésion territoriale* dans le jeu peut également faire évoluer certaines approches en interrogeant (par exemple) le Marché intérieur de l'énergie. Le *nec plus ultra* d'une politique énergétique censée apporter un plus



aux citoyens est-il, pour un Portugais, de s'approvisionner en électricité en Finlande de 11.00 à 13.00, et/ou vice-versa, pour un Finlandais de s'approvisionner au Portugal, plus tard dans la journée ? Ou bien de construire des filières locales d'approvisionnement et d'amélioration énergétique qui répondent durablement aux attentes des territoires tant en matière d'emploi que de réduction de la précarité énergétique ou de développement local responsable, pour aujourd'hui et pour demain ? D'ailleurs, les potentiels tant d'innovation que d'emploi sont-ils davantage du côté des offreurs d'énergie traditionnels, ou davantage du côté des territoires ?

Un des défis auxquels nous sommes confrontés est donc celui de favoriser l'émergence d'un paradigme énergétique nouveau qui prenne en compte, simultanément :

- ✓ les tendances lourdes de nos sociétés vers des systèmes décentralisés en réseaux,
- ✓ une volonté grandissante des autorités locales et régionales de prendre leur part de responsabilité dans les enjeux énergétiques et climatiques,
- ✓ une perception diffuse d'une insécurité et d'une vulnérabilité énergétiques dont les gros systèmes anonymes et centralisés sont porteurs,
- ✓ une revendication de démocratie énergétique, à tout le moins le désir croissant des citoyens de jouer un rôle accru,
- ✓ les nouvelles technologies décentralisées, dont les technologies de l'information, qui ouvrent des perspectives considérables allant très au-delà des réseaux ou des compteurs dits « intelligents ».

Dans la révolution industrielle que nous vivons aujourd'hui, la connexion de la problématique énergétique avec celle des technologies de miniaturisation des systèmes énergétiques, de la communication et de l'information est essentielle. Au-delà de ces technologies, il y a les concepts immatériels qui les sous-tendent. C'est à tout cela que prétend répondre un concept énergétique de type « 2.0 », non limité à l'électricité, mais qui, partant des besoins et des ressources, couvrirait un champ énergétique beaucoup plus large.

La chose énergétique a besoin d'être davantage éclairée par son environnement sociétal. Notre préoccupation ne doit pas être de nous protéger contre des évolutions qui bousculeraient les traditions nationales ou corporatistes, mais d'accompagner ces tendances, de les anticiper, de les encourager, et même de les désirer afin de construire, plutôt que subir, le nouveau paradigme. Pour mieux en tirer parti.

Et si le Progrès, durant le XXI^e siècle, se mesurait à la capacité de nos sociétés à se réconcilier avec les contraintes et les opportunités de leur environnement ? Et si ce siècle était celui de la « revanche des territoires » (11) ?

Notes

* **Biographie** : Gérard MAGNIN est Délégué général d'Energy Cities (www.energy-cities.eu). Il a été, dès 1990, à l'origine de cette association qui réunit en 2010 environ mille villes de trente pays européens.

Présidé par Heidelberg (en Allemagne), Energy Cities est administrée par un Conseil de onze villes de onze pays différents. Une équipe de dix-huit personnes, basée principalement à Besançon et à Bruxelles, anime ce Réseau.

De formation initiale en électrotechnique, Gérard Magnin s'est orienté ensuite vers les sciences économiques, puis il a enseigné les sciences économiques et sociales durant huit années. En 1985, il a été, en Franche-Comté, le premier délégué régional de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, devenue depuis l'Ademe.

Il est co-auteur, avec Denis Clerc, Claude Chalou et Hervé Vouillot de l'ouvrage « Pour un nouvel urbanisme », publié aux Editions Yves Michel, en 2008.

(1) World Energy Outlook 2010, novembre 2010, www.iea.org

(2) Rapporté par Le Monde, 11 septembre 2010.

(3) Accoler un adjectif sympathique à un nom commun contesté pour tenter de lui redonner quelque vertu est devenu une grande mode. Ainsi, le développement est devenu *durable*, la croissance devient *verte*, les réseaux, les compteurs et même les villes deviennent *smart*. Mais qui se sent vraiment *responsable* de quoi ?

(4) Pour un développement plus détaillé de la relation entre Energie et Territoire, voir l'ouvrage « Pour un nouvel urbanisme » de Denis Clerc, Claude Chalou, Gérard Magnin et Hervé Vouillot (Editions Yves Michel, 2008).

(5) Depuis le début des années 2000, près de 200 territoires français se sont engagés de façon volontaire dans la réalisation de *Plans Climat Energie Territoriaux* (<http://www.pcet-ademe.fr/>). Ceux-ci nécessitent que les consommations énergétiques et les émissions de CO₂ soient inventoriées à l'échelle du territoire... La loi Grenelle 2 rend désormais obligatoires de tels Plans dans toutes les collectivités de plus de 50 000 habitants.

(6) La *Convention des Maires* (www.eumayors.eu) est un mouvement volontaire de collectivités locales qui s'engagent à dépasser les objectifs de l'Union européenne en matière d'énergie et de climat. Les signataires s'engagent à présenter, après un an, un inventaire des émissions du territoire ainsi qu'un Plan d'action, puis, deux ans plus tard, un rapport d'exécution. Plus de 2000 villes – dont 25 capitales – étaient engagées en octobre 2010, ainsi que 100 structures de soutien. Energy Cities assure, grâce au soutien de la Commission européenne (DG ENER) et avec d'autres réseaux de villes, la coordination de cette initiative au niveau européen.

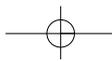
(7) IMAGINE est une initiative d'Energy Cities, partagée avec des partenaires publics, privés et associatifs, qui vise à penser la ville à l'horizon d'une génération du point de vue énergétique. Le concept central est celui de la « Ville à Basse Consommation Énergétique et à Haute Qualité de Vie pour Tous », <http://www.energy-cities.eu/IMAGINE>,89

(8) Voir l'article de Gérard Magnin dans *La Revue Durable*, n° 38, juin 2010.

(9) Durant les travaux du rapport Syrota, « Les perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 » (qui a été publié en octobre 2007), il a fallu plusieurs mois à l'auteur pour que soit ajouté le niveau « territorial », aux trois *niveaux de gouvernance* considérés pertinents, à savoir les niveaux mondial, européen et national. http://www.strategie.gouv.fr/article.php3?id_article=675

(10) Energy Cities a ainsi publié une opinion sur la Stratégie Énergétique de l'Union européenne 2011-2020, intitulée : « Il est temps d'encourager une politique énergétique européenne bottom-up et basée sur la cohésion territoriale » http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/Energy_EU_2020_Energy_Cities_position_paper_fr-2.pdf

(11) Terme emprunté à Pierre Calame, Fondation pour le Progrès de l'Homme.



Une croissance urbaine soutenable

Cet article présente les principaux messages d'un rapport du Conseil mondial de l'Énergie (*World Energy Council*) intitulé « *Energy and Urban Innovation* » (1). Ce rapport étudie les défis liés à l'énergie dans les villes (en particulier les grandes villes et les « mégapoles »), les politiques (2) qui sont et pourraient être mises en œuvre pour relever ces défis, et le rôle que les entreprises peuvent jouer dans la mise en œuvre de ces politiques.

par Pierre-Noël GIRAUD*

Il est fondé sur des études de cas réalisées par des membres du Conseil mondial de l'Énergie sur diverses grandes villes et mégapoles situées dans des pays développés et dans des pays émergents. Les villes étudiées sont Tokyo, Mexico, Delhi, Toronto, Shanghai, Le Cap, Londres et Paris (étude comparative), et l'agglomération de la Baie de San Francisco. L'ouvrage s'appuie également sur une étude détaillée de la documentation disponible ; il a été rédigé par une équipe (3) de chercheurs, que l'auteur de cet article a eu le plaisir de diriger.

L'urbanisation rapide de l'humanité, déjà en cours, sera une tendance lourde et généralisée au cours des décennies à venir

Pendant chacune des vingt prochaines années, la population urbaine mondiale s'accroîtra de l'équivalent de sept villes de dix millions d'habitants : il faudra donc construire et équiper l'équivalent de sept fois Jakarta ou Shanghai chaque année. Cela est en partie dû au fait que la plupart des gens préfèrent vivre dans un bidonville, et non au fin fond des campagnes, car, en ville, les perspectives économiques sont meilleures, ainsi que l'accès aux services de santé et à l'enseignement. A l'effet de cet exode rural vient s'ajouter la croissance démographique rapide qui caractérise de nombreuses villes. Une part croissante de la population se concentre ainsi dans les villes, qui contribuent d'une manière disproportionnée à l'économie nationale et mondiale. Ainsi les cent plus grandes villes (en 2008) concentraient 9 % de la population, mais 25 % du PIB mondial. A l'avenir, la croissance urbaine sera beaucoup plus le fait des villes moyennes et grandes que des mégapoles de plus de 10 millions d'habitants, mais ces dernières posent des problèmes représentatifs de ceux de l'ensemble des grandes villes.

Même si l'on faisait abstraction du changement climatique, dû à l'activité humaine, la forte croissance urbaine dans les pays émergents et en développement constituerait en elle-même un défi majeur en termes de développement

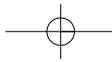
durable. Assurer à tous un accès financièrement abordable à des énergies modernes et à des transports urbains efficaces, ainsi qu'à l'eau, à l'assainissement et au traitement des déchets solides, des services qui, tous, impliquent de l'énergie, représente un défi considérable, dans les villes en croissance rapide.

Le changement climatique vient ajouter un autre défi, qui est (heureusement), du point de vue des solutions à mettre en œuvre, souvent complémentaire d'autres objectifs de soutenabilité. Le changement climatique est un redoutable défi, aussi bien pour les villes émergentes, dont le type de croissance actuelle (étalement, densité, mixité, réseaux de transports collectifs) déterminera pour de longues décennies les consommations énergétiques et les émissions polluantes futures, que pour les villes à croissance démographique plus lente des pays développés riches. Ces dernières doivent isoler les bâtiments existants, revoir leurs schémas de développement en limitant la progression des banlieues peu denses, et mettre en place une approche plus systémique des réseaux énergétiques. Les villes, notamment celles du littoral, doivent aussi anticiper leur adaptation aux conséquences du changement climatique.

Pour l'essentiel, des solutions techniques existent

Nous disposons d'un grand nombre de solutions techniques mûres qui sont susceptibles d'améliorer la soutenabilité énergétique tant des mégapoles que des villes de tailles plus modestes. La principale difficulté réside dans leur adoption. Ces solutions technologiques mûres ont des coûts bien identifiés, dans des contextes géographiques, sociaux et politiques différents. Des innovations incrémentales et des économies d'échelle peuvent néanmoins encore faire baisser certains de ces coûts.

Parmi ces solutions techniques pour l'habitat, citons : l'isolation, les pompes à chaleur et les chaudières à gaz à haut rendement, les appareils électriques à basse consommation. Dans le transport des personnes et des marchan-



disées : les bus en site propre, les métros, les tramways et les véhicules hybrides. Le solaire photovoltaïque, la production d'énergie à partir des déchets et la cogénération sont des solutions de production locale d'énergie. Les coûts et les potentiels de ces techniques sont cependant très variables et il n'existe aucune solution miracle convenant à toutes les villes. La mise en œuvre des technologies doit prendre en considération le parc immobilier existant, le climat, le type d'urbanisation, les comportements, la culture et les capacités financières de chaque ville.

Les besoins en matière de recherche et de développement

Des travaux de recherche, de développement et de démonstration (RD&D) restent cependant indispensables pour réduire les coûts et rendre nombre de technologies énergétiques urbaines socialement plus acceptables. La RD&D est en particulier nécessaire dans les domaines suivants : pompes à chaleur haute température, capteurs photovoltaïques, batteries pour les voitures hybrides et électriques, concepts de déploiement des véhicules électriques, nouveaux matériaux isolants, matériaux de construction multifonctions (intégrant par exemple des modules photovoltaïques de moindre coût), éclairage, appareils ménagers et équipements informatiques très basse consommation, enfin technologies de l'information, en particulier celles qui rendent les réseaux « intelligents », réseaux qui sont appelés à prendre de l'importance dans nos villes.

La ville soutenable du futur

Nous avons déjà une bonne idée de ce que pourrait être la ville soutenable du futur. Ce serait une ville suffisamment dense et mixte pour que l'essentiel de la population ait ses lieux d'habitation, de travail et de loisir à distance accessible à pied ou à vélo, d'une station de transport en commun électrifié ou consommant du bio-fioul de seconde génération. Les bâtiments, bien isolés et captant le maximum d'énergie solaire, seraient chauffés (ou refroidis) par des pompes à chaleur et toutes les applications électriques seraient à très basse consommation. La flotte subsistante de véhicules automobiles individuels, pour le transport des personnes et des marchandises, serait soit électrique, soit aux bio-fiouls. La ville du futur serait donc une ville massivement électrifiée, d'où l'enjeu des « réseaux intelligents » de distribution d'électricité et de pilotage des systèmes de transport. On comprend également le défi technologique et économique fondamental que représente le « verdissement » de la production électrique, mais ce n'est pas là un défi essentiellement urbain.

La voiture électrique est-elle susceptible de faire évoluer les paradigmes des formes urbaines soutenables ?

A condition que l'électricité soit largement décarbonée, un développement massif de la voiture électrique est-il sus-

ceptible d'amoindrir les effets environnementaux de l'étalement urbain et de rendre ainsi possible une plus grande diversité de formes urbaines « soutenables » ? Autrement dit, Los Angeles retrouve-t-elle ainsi ses chances par rapport à Tokyo ? La question est ouverte, en particulier dans les pays où l'espace ne fait pas défaut. Mais il restera à gérer les problèmes de congestion.

Les politiques à mener exigent un renouveau de la planification urbaine

Les défis consistent donc à fournir de l'énergie à tous, à lutter contre la pauvreté énergétique, à accompagner la croissance rapide des villes des pays émergents et à remodeler les villes « riches » afin de faire baisser les émissions de gaz à effet de serre et la pollution locale liée à l'énergie.

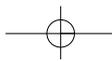
Dans la conception des politiques urbaines, il convient de ne pas sous-estimer la puissance des forces du marché (marchés foncier, immobilier et marché du travail). Reste que la planification urbaine est une absolue nécessité. Ainsi, par exemple, même s'il n'y a pas un modèle unique de ville « soutenable », il existe cependant des seuils de densité. En dessous d'un niveau de densité de population de 50 à 150 habitants/ha, les transports en commun, par exemple, ne sont plus viables économiquement. Ces seuils ne peuvent être atteints « spontanément », une planification de l'usage des sols est nécessaire pour maîtriser les densités et le degré de mixité entre habitations et activités, qui influencent fortement tant le besoin de mobilité que les moyens techniques permettant d'y satisfaire.

L'adoption des technologies efficaces représente, toujours et partout, un défi majeur

La maturité économique (c'est-à-dire la rentabilité, compte étant tenu des conditions réglementaires et des prix des énergies en vigueur) ne suffit jamais, à elle seule, à faire adopter largement et rapidement une technologie contribuant au développement soutenable d'une ville. Cette adoption se heurte, en effet, à des difficultés liées au caractère imparfait des marchés (en raison de l'éducation inadéquate de la population active, d'une absence de concurrence entre entreprises...), aux coûts d'information et de transaction, à des problèmes de coordination et à un manque de planification. Par conséquent, des innovations institutionnelles destinées à soutenir l'adoption des technologies existantes s'avèrent aujourd'hui tout aussi (sinon plus) importantes que les innovations purement techniques.

Une politique urbaine efficace est toujours constituée d'un « paquet » de mesures

Puisqu'il ne suffit pas que des solutions techniquement et économiquement mûres soient disponibles « sur étagère » pour qu'elles soient adoptées, une politique urbaine est, toujours, constituée d'un ensemble complexe d'investissements publics et privés et de mesures techniques, institutionnelles (pour coordonner les différents niveaux de déci-



sion), réglementaires et financières. La réglementation doit toujours être associée à des actions, notamment incitatives et informatives, destinées à renforcer les performances des marchés : information et éducation, création et approfondissement des marchés, mécanismes de financement, etc. Donnons trois exemples de tels « paquets de mesures ».

S'agissant des transports urbains de masse dans les villes émergentes (mais aussi dans les banlieues des villes riches), le bus en site propre (*Bus Rapid Transit*) est une solution qui a fait ses preuves, par exemple, en Amérique latine. L'analyse des succès obtenus montre qu'il est indispensable d'articuler correctement : 1) des investissements publics dans des voies en site propre pour les bus et des ouvrages de franchissement des grandes intersections, 2) des investissements privés dans une flotte de bus et dans son système d'exploitation, 3) des mesures réglementaires, ne serait-ce qu'un contrôle de la circulation aux carrefours permettant de faire en sorte que les lignes de transports en commun ne soient pas bloquées, 4) une négociation avec les « perdants », en particulier les petites compagnies privées locales de bus traditionnels et de taxis collectifs, qu'il faut réorienter, 5) une politique d'usage des sols visant à densifier l'habitat et les activités autour des lignes de transports et à éviter l'étalement urbain au-delà des terminus, 6) la négociation d'un contrat de concession et d'un montage financier avec l'opérateur des lignes, que celui-ci soit public ou privé, 7) une politique tarifaire, avec d'éventuelles subventions (nettes ou croisées), qui rentabilise l'investissement privé et permette une qualité de service telle qu'elle incite les automobilistes à emprunter les bus, tout en maintenant ceux-ci accessibles aux pauvres, et enfin, 8) des taxes et contraintes décourageant l'utilisation de la voiture individuelle. Que l'une de ces mesures fasse défaut ou que celles-ci soient mal coordonnées entre elles, et c'est l'échec.

S'agissant de la rénovation thermique de l'habitat ancien, qui représente un enjeu majeur, dans les villes riches, il faut : 1) résoudre les conflits d'intérêt et aligner les incitations entre propriétaires et locataires ; 2) leur offrir des mesures de financement associées, comme, par exemple, les systèmes de financement par des tiers des investissements dans la maîtrise de l'énergie ; 3) résoudre les conflits d'intérêt et aligner les incitations entre les fournisseurs d'énergie et leurs clients, comme, par exemple, avec les certificats blancs, en France ; 4) informer les acteurs des techniques disponibles, de leur coûts et de leur rentabilité ; 5) s'assurer de l'existence des marchés compétitifs d'équipementiers et de prestataires de service (y compris les aspects formation) et les stimuler ; 6) édicter des normes thermiques pour l'habitat ancien qui soient raisonnables compte tenu de l'offre disponible de services d'efficacité énergétique ; 7) enfin, à plus long terme, stimuler la RD&D dans les domaines concernés. Que certaines de ces mesures fassent défaut, et le déploiement des techniques efficaces restera très en deçà des potentialités.

Enfin, s'agissant d'apporter des formes modernes d'énergie et les services de base (eau, assainissement, collecte et traitement des déchets solides) aux plus pauvres, dans les villes émergentes, il faut : 1) trouver des solutions adé-

quates de « légalisation » de ces « sans papiers urbains » que sont les occupants de l'habitat dit « illégal », qui peuvent représenter jusqu'à 80 % des habitants, dans certaines villes ; 2) mettre en œuvre des techniques adaptées, éventuellement décentralisées, qui soient moins coûteuses en investissement que l'extension des réseaux classiques ; 3) savoir impliquer les petits entrepreneurs locaux et des regroupements (associations) de la société civile, enfin, 4) résoudre les problèmes de tarification, que nous évoquons ci-après.

Donner le pouvoir d'agir au bon niveau

Avant de définir une politique locale, il est indispensable de procéder à une évaluation des compétences juridictionnelles des autorités impliquées, pour, transférer, le cas échéant, le pouvoir d'agir à l'échelon le plus approprié. En tout état de cause, les responsabilités de chaque acteur, pour chaque tâche, doivent être clairement établies. Très souvent, les villes devraient pouvoir disposer de compétences accrues leur permettant d'intervenir sur un certain nombre de questions liées à l'énergie. Mais, dans d'autres cas, pour les besoins de la planification urbaine, il conviendrait de centraliser, au niveau des agglomérations, des pouvoirs actuellement accordés aux communes – une question politiquement sensible. En tous les cas, les villes devraient avoir la possibilité d'expérimenter.

De multiples problèmes de coordination

Partout, les villes doivent d'abord considérablement renforcer leur capacité de coordination interne, entre services municipaux. En France, par exemple, bien souvent les « Plans Climat » des villes ne sont encore qu'une énumération de mesures déjà prises (ou prévues) pour d'autres raisons, mais qui ont aussi une influence sur le climat ; il en existe en effet, c'est une bonne chose ! Mais ces plans ont un objectif bien plus ambitieux, qui est celui d'intégrer la préoccupation du climat dans les mécanismes de décision municipale, et cela suppose de nouvelles formes de coordination entre services municipaux.

Une ville excède toujours les frontières d'une municipalité. Il faut une coordination accrue avec les communes voisines, comme, par exemple, les contrats d'axes, dans l'agglomération grenobloise : grâce à ces contrats, des communes adjacentes planifient et mettent en œuvre des politiques coordonnées et cohérentes autour d'une infrastructure de transport en commun à l'échelle de l'agglomération.

Enfin, les villes doivent mettre en œuvre, chacune en fonction de ses besoins, des partenariats public-privé (PPP). Le principal avantage de tels partenariats est le fait qu'ils permettent le transfert de technologies et de pratiques de gestion efficaces vers les services publics ou en direction de petites entreprises privées dispersées, améliorant ainsi l'efficacité globale. Les PPP permettent également de faire appel aux capitaux privés. Néanmoins, même si cet apport peut s'avérer considérable, il ne suffit généralement pas, à



© Baptiste Fenouil/REA

« Les villes doivent mettre en œuvre, chacune en fonction de ses besoins, des partenariats public-privé (PPP). Le principal avantage de tels partenariats est le fait qu'ils permettent le transfert de technologies et de pratiques de gestion efficaces vers les services publics ou en direction de petites entreprises privées dispersées, améliorant ainsi l'efficacité globale ». Pompe à chaleur installée par le bailleur social Paris Habitat dans la station de métro Rambuteau, afin d'alimenter un de ses immeubles, rue Beaubourg. Paris, septembre 2010.

lui seul, à résoudre les problèmes de financement de l'extension des services de base aux plus défavorisés, ni ceux de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre. Les fonds publics restent par conséquent nécessaires. Dans tous les cas, les PPP doivent être encadrés par une réglementation et une législation claires et stables. Ils exigent la mise en place d'organismes de tutelle indépendants, ainsi que des investissements considérables, en termes de moyens humains et sociaux, dans l'administration.

Les investissements

L'extension à tous de services énergétiques de qualité et les programmes ambitieux visant à lutter contre les pollutions liées à l'énergie coûtent souvent fort cher ; il est inutile, et même néfaste, de refuser de le reconnaître. La plupart du temps, la lutte contre les pollutions implique d'importants investissements en capital technique, qui se substituent aux énergies fossiles ou à la main d'œuvre non qualifiée. Cela exige également des investissements aussi importants (si ce n'est plus) en capital humain et social. Si l'on devait négliger ce dernier aspect, les meilleures solutions techniques seraient condamnées à échouer.

La capacité d'investissement est donc une contrainte forte, contrairement à l'idée selon laquelle le potentiel de réduction des émissions à coût négatif serait encore considérable dans le monde entier. Cette thèse a le tort de négliger

les coûts de transaction et les investissements en capital social et humain à réaliser impérativement pour parvenir aux changements institutionnels recherchés.

De ce point de vue, il serait opportun de distinguer entre les villes en développement, les villes émergentes ou les villes riches, en étant moins exigeant avec celles dont les moyens sont les plus limités. On peut comprendre, par exemple, que les autorités municipales des pays en développement puissent préférer un système de bus en site propre à un réseau de métro, beaucoup plus cher, même si les émissions de gaz à effet de serre qui en résultent sont plus importantes.

Le financement

Il existe plusieurs façons d'accroître les capitaux dont peut disposer une municipalité, en particulier dans le Sud :

- ✓ soit, augmenter progressivement les taxes foncières et immobilières et taxer les plus-values réalisées sur le foncier et l'immobilier à la suite d'investissements publics et de modifications de la réglementation (ce qui, dans un cas comme dans l'autre, nécessite au minimum la tenue d'un cadastre et le suivi du marché immobilier) ;
- ✓ soit, recourir au marché du carbone, en vendant des droits d'émission à des acteurs du Nord et, plus généralement, en profitant des futurs transferts Nord-Sud des-

tinés à réduire le coût de la réduction des émissions et à répartir les responsabilités ;

- ✓ soit, enfin, faire payer aux usagers le coût total réel des services urbains.

Toutefois, le dilemme relatif aux prix et aux subventions demeure entier. L'idée, qui prévalait dans les années 1990, selon laquelle le client devait acquitter le coût total des services urbains, s'est révélée difficile à mettre en œuvre en ce début de XXI^e siècle. Il est aujourd'hui évident que les services aux plus pauvres devront être encore longtemps subventionnés, si l'on veut que les taux d'accès progressent rapidement. En principe, ces subventions devraient revêtir la forme de transferts budgétaires vers les plus défavorisés, le prix du marché étant fixé à son niveau réel afin de ne pas fausser les signaux économiques. Mais ce type de transfert budgétaire est souvent difficile à mettre en œuvre et les autorités préfèrent généralement la solution de facilité consistant à subventionner l'énergie et à la maintenir à un prix bas, bien que cela profite aussi bien aux riches qu'aux pauvres et encourage des gaspillages.

Conclusions

L'urbanisation du monde pourrait être un puissant facteur de développement soutenable, à la condition 1) que l'on procure à tous les services de base qui font que la ville s'avère préférable à des campagnes pauvres et surpeuplées et, 2) que les villes contribuent à la lutte contre le changement climatique à la hauteur de leurs émissions de gaz à effet de serre.

Dans ces deux domaines, des progrès considérables peuvent être faits en utilisant les techniques existantes. Les principales difficultés résident dans leur diffusion. Ce sont

aujourd'hui surtout des innovations organisationnelles et institutionnelles, destinées à mieux inciter et coordonner entre eux les différents acteurs, qui sont nécessaires pour accélérer le rythme des transformations. Il existe (heureusement) déjà de nombreuses expériences.

Les entreprises de l'énergie et des services urbains peuvent y contribuer grandement par des partenariats public-privé. Mais des politiques publiques de grande ampleur combinant des actions réglementaires, des incitations et des investissements publics restent indispensables, de la part des États centraux et des collectivités locales, dans un équilibre qui, bien souvent, reste à trouver. Ces actions doivent mettre en place un environnement réglementaire et incitatif précis et stable dans le cadre de plans de développement urbain de long terme, conçus et appliqués à l'échelle adéquate, celle de l'agglomération urbaine.

Notes

* Professeur d'économie à Mines ParisTech et à Paris Dauphine.

(1) Ce rapport (en anglais) est disponible sur le site du WEC : <http://www.worldenergy.org/publications/2842.asp>

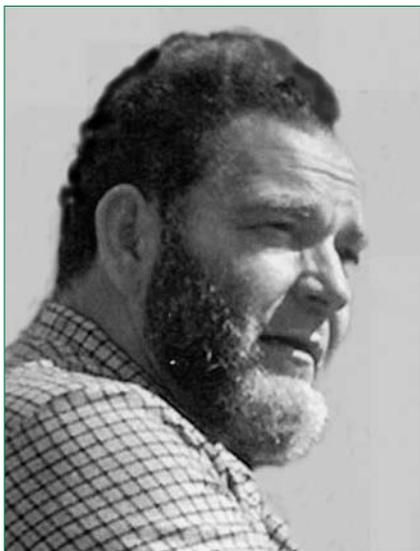
(2) Par rapport aux travaux dont rend compte l'article de Jacques Theys, dans ce numéro de *Responsabilité & Environnement*, ce rapport est moins délibérément prospectif et plus focalisé sur ce qui se fait actuellement et sur ce qui pourrait être entrepris à moyen terme, en prenant soin de différencier les situations, en particulier entre villes riches à population stagnante, d'un côté, et villes en croissance rapide et plus pauvres, de l'autre.

(3) Ian Cochran, Paula Restrepo et Matthieu Saujot (du Cerna, Mines ParisTech), Benoit Lefèvre et Vincent Renard (de l'IDDRI, Sciences Po) et Michel Benard, avec une contribution de Joël Ruet (pour l'étude de cas sur Shanghai).

IN MEMORIAM : Marcel Lemoine (1924-2009)

Marcel Lemoine nous a quittés il y a plus d'un an, le 4 octobre 2009, à l'âge de quatre-vingt-cinq ans. Même si une brève notice de Pierre Tricart parue dans *Géochronique* en mars 2010 lui a été consacrée, sa carrière mérite d'être détaillée, car il fut l'un de ces grands géologues alpins avec lesquels s'est pratiquement terminée, à la fin du XX^e siècle, l'exploration géologique traditionnelle des Alpes françaises commencée il y a de cela plus de deux siècles.

par Jacques DEBELMAS*



Marcel Lemoine
(20 mars 1934 – 4 octobre 2009)
(photo : P. Tricart)

Ce n'est pas sans émotion qu'ayant partagé les débuts de sa vie de chercheur, aussi remplie que prometteuse, je reviens sur ces années d'amitié et d'intense activité commune, où nous sentions confusément que l'on était à la veille de l'une des grandes mutations des sciences de la Terre. Ces années furent d'autant plus exaltantes que nous abordions tous deux les Alpes au sein d'écoles de pensée différentes dont la mise en commun s'avéra particulièrement précieuse et efficace.

La carrière de Marcel Lemoine peut être divisée en deux périodes distinctes : l'École des mines à Paris, puis le CNRS, à Grenoble et à Villefranche-sur-Mer.

L'École des mines (1951-1976)

Né à Paris le 20 mars 1924, Marcel Lemoine y fait ses études et entre en 1945 à l'École des mines de Paris, où il obtient le diplôme d'ingénieur civil des Mines en 1948. Intéressé par la géologie alpine, il prend contact avec le professeur Paul Fallot, qui occupait alors la chaire de géologie des chaînes méditerranéennes au Collège de France et qui, à la fin de la Seconde guerre mondiale, s'était intéressé aux Alpes françaises, notamment aux Alpes maritimes, un peu trop négligées jusqu'alors, avant d'orienter par la suite ses recherches vers les chaînes bétiques et le Maroc. Marcel Lemoine, nommé « préparateur » (aujourd'hui, on dirait assistant), préféra rester dans les Alpes françaises. Aussi Paul Fallot le mit-il en contact avec celui qui en était l'âme, à savoir le professeur Maurice Gignoux à Grenoble. Marcel Lemoine va donc fréquenter le vieux laboratoire de Grenoble, qui, depuis Wilfrid Kilian, occupait les locaux de l'Ancien Evêché, rue Très-Cloîtres, où je fis donc sa connaissance.

Le moment était crucial pour une nouvelle exploration des zones internes alpines. François Ellenberger, alors chercheur CNRS à Paris (mais qui était en contacts étroits avec Maurice Gignoux), obtenait des résultats étonnants en Vanoise. Il était évident qu'un travail identique devait être mené plus au sud, sur la transversale briançonnaise classique. Gignoux saisit donc l'opportunité qui se présentait à lui d'avoir deux jeunes géologues prêts à effectuer ce travail, moi-même, Jacques Debelmas (pour la marge externe du Briançonnais) et Marcel Lemoine (pour la marge interne et la liaison avec le domaine des schistes lustrés).

Le résultat fut que, dès lors, nous travaillâmes tous deux, ensemble, sur cette nouvelle transversale alpine symétrique de celle de la Vanoise et ce, pendant plus de vingt ans.

Entre-temps, Marcel Lemoine avait quitté le laboratoire de Paul Fallot pour devenir (en 1951) chef de travaux de géologie à l'École des mines de Paris, poste qu'il conservera jusqu'en 1958. Parallèlement à cette fonction, il occupa la

fonction de chef des travaux graphiques au Service de la Carte géologique de la France, où, sous la direction de Jean Goguel (qu'il admirait beaucoup), il prit goût pour le levé des feuilles régulières.

Comment évoquer sans émotion le minuscule bureau qu'il occupait à l'École des mines ! Nous y avions des discussions passionnées sur nos terrains respectifs, à une époque où l'on commençait à sentir que les choses étaient en train de changer dans notre discipline : la stratigraphie faisait de plus en plus appel à des notions de paléogéographie sous-marine (encore bien timidement évoquées dans les publications de l'époque, car l'exploration de ce milieu peu accessible en était à ses débuts), la micropaléontologie faisait son apparition et révélait, avec les données sédimentologiques, la possible existence de lacunes insoupçonnées jusqu'alors, les figures paléotectoniques observées révélaient un milieu dynamiquement distensif, différent des « nappes embryonnaires en marche » d'Argand et de Gignoux. Pour ce qui est de la tectonique, les levés au 20 000^e que nous réalisions, bien plus exigeants que les 80 000^e de nos prédécesseurs, faisaient apparaître un édifice charrié certes plus complexe, mais grâce auquel bien des difficultés et des contradictions se révélaient et trouvaient leur explication.

Ce travail aboutit, en 1954, à la réunion extraordinaire de la Société géologique de France, à Guillestre (dans les Hautes-Alpes), où Lemoine et moi pûmes présenter ensemble notre vision du Briançonnais et de ses marges.

L'année suivante, Marcel Lemoine dut interrompre momentanément son travail, ayant été détaché auprès de l'Institut français du Pétrole pour une mission de reconnaissance pétrolière à Timor Est, dont il tira un livre sur la géologie de cette île (d'où il ramena aussi une pénible maladie parasitaire tropicale dont il mit des mois à se remettre).

En 1958, Marcel Lemoine est nommé professeur de paléontologie et directeur de ce service à l'École des Mines, puis, en 1968, professeur de géologie et directeur du laboratoire de géologie générale et président du département des sciences de la Terre, cela, jusqu'en 1976, année durant laquelle il atteint donc le sommet de sa carrière à l'École des Mines.

De mon côté, j'avais été nommé professeur de géologie à Grenoble, en 1961, après le départ à la retraite de Léon Moret, si bien que le but à atteindre et l'amitié firent se réunir, sur le terrain, un universitaire grenoblois et un professeur à l'École des Mines, exactement de la même manière dont avaient été réunis Wilfrid Kilian et Pierre Termier, un demi-siècle auparavant.

Les articles rédigés en commun se multiplièrent, tant pour les descriptions locales que pour la publication, en 1966, de la feuille Guillestre au 50 000^e, la première des zones internes à avoir été réalisée dans cet esprit de renaissance qui nous animait alors. Sans parler des essais synthétiques sur les Alpes et de la réalisation de deux films d'enseignement supérieur (« Du Pelvoux au Viso », en 1964, puis « Les chaînes subalpines », en 1968), qui bénéficièrent de l'assistance d'hélicoptères de l'armée (heureuse époque, qui ne dura malheureusement pas). Comment ne pas évoquer non plus, en 1966, la révolte du trio Debelmas, Lemoine et

Mattauer devant l'impérialisme du schéma géosynclinal type imposé par Jean Aubouin dans son célèbre ouvrage « *Geosynclines* », manifestement trop théorique pour rendre compte de ce que nous observions.

Voilà donc Marcel Lemoine à la tête de la géologie de l'École des Mines. Son activité débordait largement cet établissement, car il était sollicité de toutes parts pour donner des cours sur la géologie alpine, notamment à l'École normale supérieure, dans le cadre de la préparation à l'agrégation de Sciences naturelles, à l'université de Paris-Sud (Orsay) et à l'université Paris VI, sans oublier bien d'autres conférences ainsi que ses participations à des jurys de thèse.

J'insiste sur ces engagements aussi variés, qui firent que Marcel Lemoine n'eut jamais le temps de préparer et de soutenir une thèse d'État. Mais ses publications étaient si nombreuses et son autorité était telle que cette question ne se posait même pas. Ses publications lui valurent aussi d'être membre du Comité français de géologie, de 1963 à 1971, et de participer à de nombreuses missions dans le cadre de la Commission de la Carte géologique du Monde (Würzburg, 1960 ; Vienne, 1964), du Congrès géologique international de Prague, en 1968, et du Congrès international de sédimentologie en Briançonnais (1975). Il appartient au comité de rédaction de la carte tectonique internationale de l'Europe de 1960 à 1970, avec des missions à Tbilissi (en 1965), en Turquie (en 1967), à Moscou (en 1972 et 1973) et à Bucarest (en 1975). La Société géologique de France lui témoigna son estime en lui attribuant son prix Prestwich, en 1975.

Pourtant, Marcel Lemoine va quitter l'École des Mines en 1977, et aborder la deuxième partie de sa longue et riche carrière.

Au Centre national de la Recherche Scientifique (1977-1992)

Investi comme il l'était dans l'évolution des idées sur les grands orogènes et tout spécialement sur les Alpes, Marcel Lemoine pressentait que la « tectonique de plaques », dont les idées gagnaient inexorablement l'Europe, allait révolutionner la géologie, de manière générale, et celle des Alpes, en particulier. Il voulait avoir une liberté complète pour s'engager dans cette révolution des idées qui allait entraîner, comme on pouvait le penser, des débats souvent houleux. Cette décision était également justifiée par des raisons médicales : les sollicitations et les difficultés de la vie parisienne, jointes au surmenage d'une vie professionnelle trop dense, avaient eu quelques conséquences sur sa santé ; il lui fallait trouver un environnement plus favorable.

Il quitte donc ses fonctions à l'École des mines et demande à être admis au CNRS, où il est immédiatement accueilli comme maître de recherches en 1977, puis en qualité de directeur de recherches en 1979, année où il fut affecté au laboratoire de géologie de Grenoble, qui était le seul qui convînt à ses acquis et à son programme. Et cela, répétons-le, alors qu'il n'était pas titulaire d'une thèse, une formalité pourtant indispensable quand on veut atteindre les fonctions qui étaient désormais les siennes au sein du CNRS :

rien ne saurait mieux signifier l'exceptionnelle audience qu'il avait alors acquise depuis deux décennies.

Son affectation à Grenoble était justifiée par l'existence, dans cette ville, d'un laboratoire de géologie alpine, associé au CNRS depuis 1968, qui offrait le cadre administratif indispensable pour recevoir des chercheurs de ce niveau. Cette affectation se justifiait aussi par toutes les relations qu'il avait tissées à Grenoble, y compris dans l'encadrement des chercheurs locaux.

Il va y rester jusqu'en 1985, multipliant les publications, parmi lesquelles il faut citer son énorme *Atlas géologique de l'Europe alpine*, de près de 600 pages, publié chez Elsevier en 1978, et qui représente un prodigieux travail d'érudition et de documentation, qui s'étala sur plusieurs années (et qu'il avait donc entrepris alors qu'il était encore à Paris).

À Grenoble, son travail ne connaît aucune relâche. Aux publications, s'ajoutent les directions de thèses, les contacts sur le terrain avec les spécialistes de passage, les conférences dans les autres universités alpines, ce qui lui vaut d'être nommé docteur *honoris causa* des universités de Genève, en 1980, et de Lausanne, en 1982. Enfin, il prend la direction du laboratoire associé de Géologie alpine, à la suite de Jacques Debelmas, en 1980, et il la conservera jusqu'en 1986. Il participe donc activement, avec l'équipe grenobloise, au Congrès géologique international de Paris, en 1980, où seront présentés par l'ensemble des Grenoblois les premiers éléments d'une synthèse moderne des Alpes franco-italiennes, tandis qu'il dirige en personne une des excursions officielles de ce Congrès.

Au sein du laboratoire de Grenoble, il prend naturellement part aux enseignements, avec un cours de géologie alpine en maîtrise et en 3^e cycle, ainsi qu'aux activités pratiques de terrain, dans le cadre desquelles se tissent alors des liens étroits avec le jeune centre de géologie de Briançon créé au début des années 1980 par un professeur de Sciences naturelles de cette ville, Raymond Cirio, qui s'était passionné, grâce à Marcel Lemoine, pour le massif frontière du Chenaillet, près du col du Montgenèvre, car ce massif représentait un lambeau de la vieille croûte océanique alpine jurassico-crétacée miraculeusement conservée au milieu des nappes alpines. Non seulement Raymond Cirio va participer à toutes les études concernant ce site, mais il y attire, toujours en collaboration avec Marcel Lemoine, de nombreux géologues français et étrangers, à titre personnel ou en excursions de laboratoire (sans oublier des stages de formation d'étudiants appartenant à des universités variées, voire de scolaires).

Cette coopération entre un enseignant du secondaire et le chercheur de haut niveau qu'était Marcel Lemoine, a été un succès tel qu'elle démontrait l'intérêt de telles initiatives sur des sites qui le méritaient. Le renom de ce centre de géologie de Briançon en a fait un véritable centre de recherches, surtout depuis que la bibliothèque alpine de Marcel Lemoine y a été transférée, après sa disparition.

Directement, ou par élèves interposés, le séjour grenoblois de Marcel Lemoine est donc marqué par une recherche alpine intense, qui verra principalement l'appro-

fondissement de la stratigraphie dynamique du Briançonnais et du Piémontais, comme le montrent, parmi d'autres, les thèses de Maurice Bourbon sur l'évolution pélagique du Briançonnais à partir du Malm (Strasbourg, 1980), d'Yves Lagabrielle sur les ophiolites alpines du Queyras et la croûte océanique téthysienne (Brest, 1982) ou encore celle de Thierry Dumont, consacrée au chaînon piémontais externe de Rochebrune, au Sud-Est de Briançon (Grenoble, 1983). Cela pour ne citer que les plus significatives par leur orientation, car, au total, Marcel Lemoine a dirigé trente-quatre thèses de doctorat en France, et deux en Suisse. Sur ce total, vingt-et-une concernent les océans disparus et leurs marges continentales.

Cet intérêt pour l'océan téthysien alpin le pousse à se préoccuper de la stratigraphie des Schistes lustrés, une des dernières énigmes des zones internes. Il obtient déjà un début de réponse en se servant des faciès téthysiens jurassiques et crétacés, de mieux en mieux connus à travers le monde grâce aux expéditions océanographiques qui se multiplient et qui, finalement, se retrouvent dans des Schistes lustrés, en dépit du métamorphisme. Les *blacks shales* du Crétacé moyen apparaissent comme un niveau-repère précieux séparant d'anciens sédiments calcaires et marneux d'eau profonde, qui pourrait être crétacé inférieur et une série de calcschistes clairs, qui pourraient être crétacé supérieur. Et c'est justement dans ces derniers que le géologue suisse Marthaler finit par trouver (en 1981) la microfaune caractéristique du Crétacé supérieur que l'on attendait. Lemoine met alors en marche tous ses élèves et, avec la collaboration de Ricardo Polino, de Turin, il peut ainsi étendre ces conclusions aux Alpes franco-italiennes en 1984. Dès lors, la cartographie de cette zone des Schistes lustrés pouvait être entreprise en utilisant les termes stratigraphiques habituels. Ce sera là un des derniers travaux de terrain de Marcel Lemoine. Il prend la direction du lever de ces feuilles situées sur la frontière franco-italienne, restées trop longtemps dans l'ombre faute de fil directeur. Les noms de certains de ses élèves restent attachés à cette touche ultime de l'exploration alpine, notamment ceux d'Yves Lagabrielle et de Pierre Tricart.

Si l'on ajoute à cela que, depuis plus de dix ans, Marcel Lemoine avait montré que la zone piémontaise externe n'était qu'une cascade de blocs faillés en cours d'écroulement plus ou moins rapide et que la zone piémontaise elle-même se distinguait du domaine océanique non seulement par l'absence d'ophiolites, mais aussi par la présence du Lias à bélemnites et du Trias carbonaté, la paléogéographie dynamique des zones internes devenait claire : l'océan s'ouvrait au sein de la zone piémontaise seulement après le Lias, pour ne se refermer qu'à la fin du Crétacé inférieur : l'histoire de l'océan alpin pouvait enfin être écrite.

Elle a constitué le centre même de ses réflexions, avec l'application la plus immédiate de la théorie des plaques à la géologie alpine. Marcel Lemoine va ainsi passer du terrain à l'interprétation théorique des unités alpines en y reconnaissant, en marge d'un domaine océanique téthysien ouvert au Jurassique moyen-supérieur, d'anciens « blocs basculés » témoignant d'une marge fossile en distension.

Un tel progrès dans notre connaissance de la vieille zone des Schistes lustrés lui vaut le prix Doisteau Brutel, de l'Académie des sciences de Paris, en 1986.

Il lui vaut aussi l'intérêt des ingénieurs des sociétés pétrolières, pour lesquels cette dynamique de la marge téthysienne peut révéler des pièges à hydrocarbures ; il va donc, pendant quelques années, organiser, à leur demande, des stages de terrain de 8 à 15 jours chacun, dans la région grenobloise et sur la transversale Grenoble-Briançon (pour British Petroleum, Elf Aquitaine, Elf Norvège et l'American Association of Petroleum Geologists - AAPG).

Cet intérêt pour les marges fossiles s'était également manifesté par sa participation à un ouvrage collectif (de 342 pages) consacré à ce sujet, publié aux éditions Masson en 1984, sous la direction de Gilbert Boillot (université de Nice), intitulé : « *Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France* ». On comprend donc le désir qu'avait Marcel Lemoine de rejoindre un autre laboratoire associé au CNRS s'occupant plus spécialement de ces objets. Il demande et obtient sa mutation au Groupe d'étude de la marge continentale installé à Villefranche-sur-Mer, dépendant de l'université de Nice. Il quitte Grenoble en 1986 et s'installe à Nice avec le grade de Directeur de recherches de classe exceptionnelle. Il est élu concomitamment au Comité de géologie du CNRS (section 20).

À Villefranche-sur-Mer, il va trouver les interlocuteurs qu'il recherchait pour approfondir ses idées sur la marge téthysienne alpine. Ses contacts restent toujours largement grenoblois, augmentés de Thierry Dumont, son élève, devenu chercheur CNRS sur place, puis de Pierre Tricart, nommé professeur à Grenoble en 1991, et s'élargissent à son successeur à l'École des mines de Paris, Pierre-Charles de Graciansky, ainsi qu'à Yves Lagabrielle, qui, passé de Brest à Paris, représentait désormais un interlocuteur irremplaçable, tant pour les océans actuels que pour les océans disparus. C'est avec tous ces nouveaux collaborateurs que va être lancé, en 1982, le modèle d'expansion d'une ride océanique lente expliquant les particularités de la série ophiolitique alpine.

Marcel Lemoine n'en reste pas moins fidèle à son domaine briançonnais et au Queyras, ainsi qu'à son désir de la faire mieux connaître, ce qui se traduit par la publication de deux ouvrages de vulgarisation à l'usage des étudiants ou des géologues amateurs, l'un sur le parc régional du Queyras et les restes du paléo-océan alpin (en collaboration avec Pierre Tricart, BRGM, 1981), l'autre étant consacré aux montagnes du Briançonnais (en collaboration avec Jean-Claude Barfétty et Pierre Tricart, Grenoble, et Raymond Cirio, Briançon) (il ne paraîtra qu'après sa retraite, en 1992).

En revanche, un de ses souhaits ne se réalisera pas, à savoir le dessin des feuilles régulières au 50 000^e de Briançon, Névalche et Aiguilles, un projet auquel il était pourtant très attaché. Mais ce dessin nécessitait un effort de terrain qu'il ne pouvait plus assurer, et des délais de réalisation qu'il ne pouvait pas tenir. Divers chercheurs (Jean-Claude Barfétty, Renaud Caby, Daniel Mercier, Ricardo Polino et Pierre Tricart), de Grenoble ou d'ailleurs, ont donc contri-

bué au dessin de ces cartes, qui a parfois suscité de fortes réticences teintées de regrets de la part de Marcel Lemoine.

De fait, son séjour à Villefranche et ses nouveaux interlocuteurs lui offrirent la possibilité d'accumuler les matériaux qui lui serviront pour la réalisation du grand ouvrage de synthèse dont il rêvait, sur l'interprétation des Alpes dans le cadre de la tectonique des plaques (ouvrage qui paraîtra seulement en 2000).

La retraite (1992-2009)

En 1992, Marcel Lemoine quitte Nice et retourne à Paris pour s'installer chez lui, à Marly-le-Roi, où il peut heureusement loger son impressionnante bibliothèque. Certes, il a perdu l'ambiance des laboratoires du CNRS, mais il retrouve celle de la Société géologique de France et de certains laboratoires parisiens où il trouve l'aide nécessaire à son travail, pour ce qui touche aux domaines particuliers de la pétrographie, notamment celui du métamorphisme de haute pression et des structures crustales.

Il s'intéresse alors, comme bien d'autres retraités, à l'histoire de la géologie, et il va y contribuer par quelques études plus ou moins directement liées aux Alpes, comme le problème des nappes de charriage et du cycle orogénique dans l'esprit de Marcel Bertrand (en collaboration avec Rudolf Trümpy, 1998, article publié dans les Comptes Rendus de l'Académie des sciences de Paris, section d'Histoire des sciences, 327, p. 211-224). Ou bien encore la théorie de Wegener en tant que préfiguration de la tectonique de plaques (Travaux du COFRHIGEO, 2004, n°6, p. 103-131), ainsi que la crise que connut la géodynamique au milieu du XX^e siècle, avec le passage du dogme des géosynclinaux à la théorie des océans disparus (*Ibid.*, 2006, n°7, p. 129-165) [ce texte a été réédité en 2009 par les Presses des Mines dans un volume intitulé *L'Essor de la Géologie française, Essais*].

Il profite aussi de cette liberté retrouvée pour visiter certains secteurs de la chaîne alpine qu'il connaissait encore mal, notamment en Suisse. Je me souviens en particulier de l'enthousiasme qu'il avait manifesté après avoir visité, en compagnie de ses collègues suisses, la « zone de Misox », une zone inconnue des géologues français, située entre les noyaux gneissiques de Tambo et de l'Adula, dans les Grisons, où il voyait la cicatrice (ou la racine) de l'Océan valaisan disparu. On retrouvait alors, dans ses lettres, l'enthousiasme de ses grandes découvertes des années 1950 et 1960.

Cette retraite, qui fut, on le voit, fructueuse, fut marquée par la publication, en 2000, du livre synthétique évoqué précédemment : « *De l'océan à la chaîne de montagnes. Tectonique de plaques dans les Alpes* » (Société géologique de France, collection Géosciences, et Gordon & Breach, Sciences Publishers), un ouvrage de plus de deux cents pages écrit en collaboration avec Pierre-Charles de Graciansky et Pierre Tricart.

Mais ce n'est pas sa dernière œuvre ; en effet, ce livre fut complété en 2003 par une plaquette originale : « *Visage des Alpes. Structure et évolution géodynamique* » éditée par la Commission de la Carte géologique du Monde et écrite avec Philippe Agard, du laboratoire de tectonique de l'université

Paris 6, plus spécialement chargé des données pétrographiques concernant le métamorphisme alpin. Cet ouvrage, où les figures (toutes en couleurs) l'emportent sur le texte, se veut essentiellement didactique. En principe destiné aux enseignants du cycle secondaire, il est un résumé très clair de ses dernières conceptions sur la structure et l'évolution de l'arc alpin et prend la signification d'un véritable testament scientifique.

D'autres projets étaient en cours, notamment une histoire des océans du monde au cours des temps géologiques, restée à l'état de manuscrit provisoire. Très fatigué, il avait également refusé de participer avec J. Debelmas à la rédaction d'une histoire de l'exploration géologique des Alpes françaises demandée par le Comité français d'histoire de la géologie. Il est mort quelques mois plus tard. Sa dernière lettre me parlait plus du Chenaillet que de sa santé.

L'homme

Pour conclure cet hommage, comment ne pas dresser le portrait de l'homme que fut Marcel Lemoine ? Le qualificatif qui vient immédiatement à l'esprit est celui de chercheur passionné. Passionné, il l'était non seulement par sa démarche personnelle, mais aussi par le désir qu'il avait de partager ses résultats avec tous ceux qui aimaient la géologie.

Les films que nous réalisâmes en 1964 et 1968, ce qu'il écrivit en 1996 avec Yves Lagabrielle, sur l'ancien océan alpin, à l'usage des professeurs du Second degré, ses guides touristiques du Briançonnais et son ultime plaquette de 2006 sur le « Visage des Alpes » en témoignent.

Ce qui fait l'originalité de ce chercheur, c'est d'avoir appartenu, comme on l'a dit, à deux écoles de pensée différentes.

Dans ses premières années, c'est l'esprit Fallot qui domine en lui, à savoir une observation rigoureuse des faits et rien d'autre : toute tentative d'interprétation est mal vue si elle vient trop tôt, car l'analyse doit être d'une acuité intransigeante.

Au contact de l'école de Maurice Gignoux, il acquiert rapidement une souplesse d'esprit et de vision que l'on peut résumer en disant que tout fait observé porte aussi en lui un enseignement, qu'il faut comprendre pour arriver à une interprétation plus complète.

La synthèse des deux attitudes vaudra aux écrits de Marcel Lemoine la clarté qui les caractérise, une clarté d'au-

tant plus appréciée qu'on la savait appuyée sur des faits d'observation indiscutables : il ne faut pas chercher plus loin les raisons de l'autorité qui fut la sienne tout au long de sa carrière.

Vers la fin de sa vie, sa santé n'était plus ce qu'elle avait été. Les grandes dénivelées alpines lui causaient des souffrances, qu'il acceptait avec courage. On sentait bien, aussi, que son caractère changeait, devenait plus ombrageux, d'autant plus qu'il était très attaché à ses idées et admettait difficilement qu'on les discutât. Son abord était parfois difficile mais, à condition d'y mettre quelques formes, on retrouvait vite l'homme de dialogue qu'il était et qui manifestait alors une obligeance extrême pour tous ceux qui venaient solliciter sa grande connaissance des Alpes. Il ne manquait cependant pas d'humour, notamment quand, dans l'une de ses dernières lettres, il évoquait ce que l'on pourrait appeler le « comité de défense des trois octogénaires » (Trümpy, Debelmas et lui-même) face aux hypothèses un peu trop hardies de certains jeunes auteurs !

Et, en même temps, il restait toujours aussi passionné pour transmettre ce qu'il savait. A Marly, il a donné, pratiquement jusqu'à sa fin, des conférences grand public sur des sujets aussi variés que les Alpes, la Terre, les idées de Darwin, la théorie des plaques, et toujours devant un auditoire fourni.

Marcel Lemoine a profondément marqué la géologie alpine à un moment où, au faite de son éclat et brillant de tous les feux que lui apportait la tectonique de plaques, elle apparaissait comme une science à son apogée. Mais il percevait aussi qu'elle allait subir le poids des sciences physiques et de l'invasion de « modèles » plus ou moins gratuits, en d'autres termes, qu'elle allait connaître une évolution dangereuse pour son acquis naturaliste. Il a donc tenu, par ses derniers écrits, à nous laisser l'image qu'il avait de ses chères Alpes, celle à laquelle il était parvenu au terme de soixante ans de travaux tenaces et consciencieux.

Note

* Professeur honoraire à l'Université de Grenoble 1.

(1) Jacques Debelmas, compagnon des premières années, n'y participa plus, étant désormais engagé dans la synthèse cartographique de la Vanoise, en collaboration avec l'université de Chambéry. Ses préoccupations immédiates n'étaient plus celles de Marcel Lemoine, mais, dans tous les travaux synthétiques qu'il rédige alors, on retrouve le schéma interprétatif de ce dernier, avec lequel il était en accord complet.

For our English-speaking readers...

GREEN GROWTH?

Editorial

Bruno Sauvalle

Foreword

Hélène Serveille and Richard Lavergne

1. From economic fundamentals toward diversified public policies

Proposals from the Stiglitz report: How do they help steer the economy toward green growth?

Didier Blanchet

For the Stiglitz report, which has reviewed the main available approaches to indicators of sustainable development, making a single indicator of global sustainability is out of reach. "Greenwashing" the GDP does not suffice for sending clear messages about how sustainable our model of growth is. The report preferred a by-the-stocks approach for tracking the levels of various factors – negative or positive, whether economic, social or environmental – of growth.

A convention for industry: How much room for "green" in French industrial policy?

Luc Rousseau

Although public statistics do not yet provide a clear picture of the "green" production chain in France, the latter now represents, according to some studies, more than 300.000 jobs. Given its strong growth, it might create a quite large number of jobs by 2020. But the green economy is also and above all a common stake for all branches of industry. The "greening" of corporations is becoming essential to their competitive edge. The national convention, "États Généraux de l'Industrie", has led to setting up low-interest "green loans" for financing industrial investments that are positive for both the competitiveness of firms and the environment.

The green economy: A response to the challenges of the 21st century

Michèle Pappalardo

We have not yet begun measuring the scope of the problems that will loom up in the coming years and are already at the origin of many a present-day difficulty. Concern is being shown about population growth, the availability of natural resources and the tragic effects of global warming on both ecosystems and human organizations. The two major components of the green economy are the sustainable management of resources and the fight against climate change. These two are, given the consumption of fossil fuels, partly mixed up with each other.

Mobilization for green growth in Morocco

Amina Benkhadra

Conscious of current environmental problems, Morocco has chosen to make the National Charter for the Preservation of the Environment and for Sustainable Development, which was presented on 14 January 2010, into a framework law with the objective of consolidating achievements and harmonizing actions. The country thus has a legal instrument for better dealing with environmental questions. Sustainable development and green growth are among the priorities

in the new national strategy on energy, which was presented during the first energy conference on 6 March 2009. Electric power will triple by 2020; and power stations using renewable energy sources will account for 42% of total production capacity: sun-, wind- and water-power will amount to 14% each.

The OECD's Green Growth Strategy

Nathalie Girouard

In 2011, the OECD will present its strategy for green growth. Much is still to be done to adopt green taxes and systems of tradable permits, actions that a period of deepening deficits is ready to accept. Since firms are allergic to uncertainty, the rates set for taxes must be foreseeable and credible enough to encourage investments in innovations. Other initiatives, in particular reducing subsidies for fossil fuel consumption, can also stimulate green growth and efficiency while trimming public spending.

2. Information and communications technology as a resource for a greener economy

The development of new energy techniques and the energy transition toward a carbon-free economy that will be more secure and more competitive

Pierre-Franck Chevet

To position France as a major player in new energy technology – similar to what the country achieved forty years ago in nuclear energy – the choice has been made to omit no resources. Through a wide range of measures for subsidizing innovations and chains of production in new energy technology, France is supporting, within the European energy market's framework, the emergence or consolidation of actors in technological domains as varied as solar thermodynamics, energy produced from the sea, smart energy networks or biofuels. Along with Sweden and Germany, France is now among the top European producers of energy from renewable sources.

How to characterize the efficiency of policies for reducing greenhouse gas emissions? A method of analysis in an uncertain universe

Stéphane Amant

For ADEME (the French Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), Carbone 4, a consulting firm, has developed several tools that apply a methodology for assessing the efficiency of policies for reducing greenhouse gas emissions. This methodology is based on two criteria: the "full cost per ton of avoided CO₂ equivalent" and the "potential of avoided emissions". It is original in that it compares measurements in quite different socioeconomic contexts and thus yields elements that are useful for making choices in an uncertain universe, as shall be increasingly necessary. This methodology brings to light the key factors determining a measure's efficiency and thus identifies the conditions for its success or failure. It is a precious tool for decision-making.

Renewable energy sources in 2020 and beyond

Alain Liebard

Since the "Grenelle of the Environment", which assembled officials and organizations for a wide-ranging discussion of environmental issues, everyone, or nearly everyone, in France now knows about renewable energy sources. However the impact of these sources on society might not be properly understood, nor the future they imply. A

genuine metamorphosis is in the works. Will France manage to steer this transformation and profit from it?

The contribution of green information and communications technology to protecting the environment: Detic's contribution and green growth

Jean Cuegniet

Information and communications technology (ICT), by linking people, enables them to perform, from home or office, tasks that would otherwise require transportation and produce pollution. Nonetheless, it represents a significant and growing share of the consumption of electricity and, too, produces greenhouse gases. The author, who has taken part in several studies on this topic (as the rapporteur of Detic, a group working on ecologically responsible development and ICT), draws conclusions about the administration's studies of ICT's impact. In a more personal note, he wonders about green growth's side-effects.

Sustainable development and the growth of small businesses

André-Jean Guerin

Since 2008, the recession has reminded us of economic imperatives. For firms, the need to optimize the management of all resources entails a requirement for total quality at a time when new prospects are opening for green businesses. More and more small businesses are becoming involved in sustainable development. The disinclination of French firms to implement management systems is probably related to: the imposition by certain big clients of an excess of specifications and controls, the quasi administrative interpretation by certifiers of the requirements set in standards, and the quite small size of most firms in our country.

Key elements for an economy-wide sustainable resource management

Stefan Bringezu

It is getting tighter on our globe. A growing world population is getting richer and demands more and more products which require natural resources and create various environmental impacts from mining to final waste disposal. The competition on rarer metals let some countries prohibit exports containing such raw materials. The rising demand for food and non-food biomass such as feed-stocks for biofuels, and harvests fluctuating severely due to more frequent weather extremes triggered land grabbing in foreign countries, particularly in developing regions. Without mechanisms moderating resource consumption, abiotic and biotic resources will be depleted, mining and refining will devastate and pollute more and more places in remote areas, agriculture will expand into the remaining natural forests, and conflicts about land use and clean water will increase.

3. Springing locks through research and innovation

A strategic approach to a new organization of French and European research in energy

Olivier Appert

To reinforce the synergy between the parties involved in French research, ANCRE (Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie) has just been set up. It brings together all public research organizations in France that are working on problems related to energy. Its three major assignments are to: favor and reinforce partnerships and the synergy between public research organizations, universities and corporations; identify the scientific, technological, economic and societal factors that impede industrial applications in this field; and propose joint long-term R&D projects and the procedures for a coordinated implementation of them.

The technological and industrial challenges of carbon-free energy

Jean Therme

The world energy scene has undergone a thoroughgoing change in less than twenty years. It is ready for a new revolution based on the

massive introduction of renewable energy sources along with the associated technology and, also, on ever smarter energy networks for managing supply and demand. As industrial and economic competition intensifies, innovation will be a key factor for winning this battle. Given its worldwide industries and topnotch research centers, France has a few aces up its sleeve. The country has to focus on industrial chains of production, research and innovation; and choose to back those of excellent quality that will help make it a world leader. The examples of photovoltaics and batteries are cited, two fields that France must continue supporting and developing.

Poles of competitiveness, the motors of green growth

Alain Schmitt

Since the "poles of competitiveness" policy was launched in 2004, it has boosted innovation and helped develop genuine chains of production. For the "Grenelle of the Environment" meeting, protecting the environment is an opportunity for investments that will stimulate growth and create jobs both nationally and internationally. The government has adopted a policy of green growth with the objective of turning the environmental challenge into an opportunity of growth for French firms. Planned investments should, by 2012, stimulate 450 billion euros in business and create 600.000 jobs. The competitive poles are a major factor in this dynamics.

Innovation, the key to green growth

François Drouin

All indicators point clearly in the same direction: French small and midsize businesses have adopted the objectives set by Europe and France in matters of sustainable development – and turned them into market opportunities. Companies are competing in ideas, and promising initiatives are increasingly being made in response to new requirements, especially in the fields of energy, transportation, waste management, construction and environmental risks. The starting signal has been given for green growth!

From a "demonstration fund" to investments with a future: Supporting a French supply of green technology

François Moisan

ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) has been assigned to implement four programs backing initiatives that, related to the development of a new "green" technology, had been started under the "demonstration research fund". The four programs are: carbon-free energy, smart electric grids, vehicles for tomorrow and the recycling "circular economy". Total public funds devoted to these four programs amount to 2,85 billion euros over a five-year period. Furthermore, the ANR (Agence Nationale de la Recherche) is managing a program for setting up a high-level institute, endowed with one billion euros, on carbon-free energy.

EU policy: Which technological strategies for smart, sustainable growth?

Raffaele Liberali

The EU's Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) was launched in November 2007 in response to issues having to do with energy and the climate. Its priority is to speed up the development and deployment of new energy technology thanks to a global approach providing coordination among member states. This plan is to position Europe as a world leader in the transition toward smart, sustainable growth.

4. New lifestyles for facilitating the transition toward a greener economy

The conditions for "green growth"

Alain Grandjean

For 150 years now, economic growth has come in hand with an exponential growth in the consumption of resources and in anthropogenic pressure on the environment, in particular the climate. Given the well-known properties of exponential curves, it is impossible

to continue following this model. In the coming decades, we are going to, whether we want to or not, bump up against "production peaks" in strategic resources.

"Postcarbon cities", the driving force in tomorrow's green economy?

Jacques Theys

In early 2009, ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) and the French Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transportation and Housing launched a major program for exploring realistic – acceptable and efficient – approaches to the transition toward "postcarbon" cities. What happens in cities will determine to a large and durable degree the scope and structure of tomorrow's green economy.

Energy and territories: Toward the concept "Energy 2.0" with local authorities

Gérard Magnin

There has never really been a policy for heating, which represents 40% of needs, even though a policy has existed for a long time now for electricity, which represents only 20%. The latter has overdetermined the country's total energy system, thus leading to a national, centralized approach focused on macro-level quantitative needs in energy and on a single product. In contrast, a local, decentralized, more qualitative approach should focus on needs in relation to heating as well as electricity and on tapping local energy

potentials, including saving energy. The concept of "energy subsidiarity" is proposed. In its general acceptance, "subsidiarity" implies that the search for solutions be conducted as closely as possible to the problems to be solved. In relation to energy, it implies systematically mobilizing locally available energy potentials.

Sustainable urban growth

Pierre-Noël Giraud

The principal messages from *Energy and urban innovation* are presented. This report by the World Energy Council has examined the challenges related to energy in big cities (in particular "megacities"), the policies that are being or could be implemented, and the role of firms in this implementation. Considerable progress can be made by using existing techniques. The main difficulty has to do with diffusing them. There is a need for organizational and institutional innovations that will stimulate players, coordinate their actions and speed up the tempo of change.

Miscellany

In memoriam: Marcel Lemoine

Jacques Debelmas

Issue editors: Hélène Serveille and Richard Lavergne

An unsere deutschsprachigen Leser...

GRÜNES WACHSTUM ?

Leitartikel

Bruno SAUVALLÉ

Vorwort

Hélène SERVEILLE und Richard LAVERGNE

1. Grundsätzliche Überlegungen zu diversifizierten öffentlichen Politiken

Die Vorschläge des Stiglitz-Berichts : was tragen sie zur Steuerung des grünen Wachstums bei ?

Didier BLANCHET

Der Stiglitz-Bericht hat die wichtigsten verfügbaren Verfahren zur Festsetzung von Nachhaltigkeitsindikatoren einer Prüfung unterzogen. Die Bestimmung eines universalen Indikators für globale Nachhaltigkeit erschien ihm unerreichbar. Insbesondere genügt es nicht, dem BIP einen grünen Anstrich zu geben, um eindeutige Aussagen zur Frage zu machen, ob unser Wachstumsmodell aufrechtzuerhalten ist. Die im Bericht privilegierte Methode ist der sogenannte „Stock-Flow-Ansatz“, der darauf abzielt, den Entwicklungen der verschiedenen Wachstumsfaktoren oder der Wachstumsbremsen zu folgen, egal ob sie wirtschaftlicher, gesellschaftlicher oder umweltbedingter Natur sind.

Etats Généraux de l'Industrie : welchen Stellenwert kann „Grün“ in der französischen Industriepolitik einnehmen ?

Luc ROUSSEAU

Die grüne Wirtschaft ist von der staatlichen Statistik noch nicht mit hinreichender Genauigkeit erfasst worden, aber gewisse Studien schätzen, dass sie in Frankreich gegenwärtig mehr als 300 000 Arbeitsplätze repräsentiert. Sie weist ein starkes Wachstum auf und könnte bis zum Jahr 2020 sehr viele Arbeitsplätze generieren. Doch grüne Wirtschaft ist auch – und vor allem – ein transversales Thema, das die Gesamtheit der Industriesektoren betrifft. Das grüne Image der Unternehmen wird in der Tat zu einem der wichtigsten Aspekte ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Die Etats Généraux de l'Industrie haben insbesondere die Einführung von zinsverbilligten grünen Darlehen beschlossen, die es ermöglichen, Industrieinvestitionen zu finanzieren, die für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und für die Umwelt von Vorteil sind.

Die grüne Wirtschaft : eine Antwort auf die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts

Michèle PAPPALARDO

Wir haben nicht wirklich begonnen, die Tragweite der Probleme zu ermitteln, mit denen wir in den kommenden Jahren konfrontiert werden, und die für viele schon der Ursprung unserer heutigen Schwierigkeiten sind. Die Sorgen kreisen um das demographische Wachstum, um die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen und um die dramatischen Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Ökosysteme und die menschlichen Organisationen. Die zwei wichtigsten Komponenten der grünen Wirtschaft sind der nachhaltige Umgang mit den Ressourcen und der Kampf gegen den Klimawandel, und diese beiden Leitthemen sind auf dem Gebiet der fossilen Energien zum Teil miteinander verknüpft.

Mobilisierung für ein grünes Wachstum in Marokko

Amina BENKHADRA

Im Bewusstsein der gegenwärtigen ökologischen Herausforderungen hat Marokko sich entschieden, auf der Basis der nationalen Charta für

Umweltschutz und Nachhaltigkeit, die am 14. Januar 2010 vorgestellt wurde, ein Rahmengesetz zur Konsolidierung des Erreichten und zur Harmonisierung der getroffenen Maßnahmen einzubringen. Dank diesem legislativen Rahmen wird Marokko über ein Instrumentarium für eine wirksamere Umweltpolitik verfügen. Nachhaltigkeit und grünes Wachstum gehören außerdem zu den Prioritäten der neuen nationalen Energiestrategie, die bei der ersten Tagung zur Energiepolitik am 6. März 2009 beschlossen wurde. Bis 2020 wird die installierte elektrische Leistung im Vergleich zum gegenwärtigen Stand verdreifacht sein. Kraftwerke auf der Basis erneuerbarer Energien werden dann für 42 % der elektrischen Leistungskapazität verantwortlich sein, wobei die Energieträger Sonne, Wind und Wasser einen Anteil von jeweils 14 % haben werden.

Die Strategie der OECD für ein grünes Wachstum

Nathalie GIROUARD

Im Jahr 2011 wird die OECD ihre Strategie für ein grünes Wachstum vorstellen. Es gibt noch viel zu tun, um die Ökosteuern und die Systeme der handelsfähigen Emissionszertifikate zu entwickeln, die übrigens in Perioden zunehmender Haushaltsdefizite positiv aufgenommen werden. Aber da die Unternehmen auf jede Unsicherheit allergisch reagieren, sind voraussehbare und glaubhafte Steuersätze unabdingbar, um Investitionen für Innovationsbemühungen anzuregen. Andere Initiativen, insbesondere die Reduzierung der Subventionen für den Verbrauch fossiler Brennstoffe, können ebenfalls das grüne Wachstum fördern. Gleichzeitig können sie die Effizienz steigern und die öffentlichen Ausgaben vermindern.

2. Informations- und Kommunikationstechnologien und Ressourcen für eine grünere Wirtschaft

Die Unterstützung der Entwicklung neuer Energietechniken und die Durchführung des energetischen Übergangs zu einer kohlenstofffreien Wirtschaft, die sowohl sicherer als auch wettbewerbsfähig ist

Pierre-Franck CHEVET

Um Frankreich als wichtigen industriellen Akteur auf dem Gebiet der neuen Energietechniken zu positionieren, so wie es vor nunmehr 40 Jahren mit der Einführung der Nuklearenergie gelang, wurde beschlossen, keine energetische Perspektive außer Acht zu lassen. Mithilfe einer beträchtlichen Anzahl von Unterstützungsmaßnahmen für Unternehmen und Innovationen, die auf neue Energietechnologien ausgerichtet sind, unterstützt Frankreich – im Rahmen eines europäischen Energiemarktes – den Aufbau und die Konsolidierung von Akteuren, die auf technologischen Gebieten tätig sind, die so verschieden sind wie die erneuerbaren Energien aus dem Meer, die thermodynamische Sonnenenergie, die intelligenten Energienetze oder die Produktion von Biogaseinheiten. So ist Frankreich heute, neben Schweden und Deutschland, einer der wichtigsten europäischen Produzenten von erneuerbaren Energien.

Zur Beurteilung der Effizienz der politischen Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgase Eine Analyse in einem unsicheren Umfeld

Stéphane AMANT

Im Auftrag der französischen Agentur für Umwelt und Energiemanagement ADEME hat Carbone 4 mehrere Instrumentarien entwickelt und eingesetzt, die auf dem doppelten Kriterium „Gesamtkosten pro vermiedene Tonne CO₂-Äquivalent“ und „Potenzial vermiedener Emissionen“ beruhen, und die den Zweck verfolgen, die Effizienz der politischen Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgase zu bewerten. Die Originalität dieser Methodologie beruht auf der Fähigkeit, die durchgeführten Maßnahmen mit sehr

unterschiedlichen sozio-ökonomischen Zusammenhängen zu konfrontieren und somit Analyseelemente beizutragen, die im Rahmen einer Untersuchung in einem unsicheren Umfeld nützlich sind, und dies erweist sich zunehmend als unausweichliche Notwendigkeit. Außerdem lässt sie die Schlüsselfaktoren der Wirksamkeit jeder Maßnahme erkennen und kann so die Bedingungen ihres Erfolgs (oder ihres Scheiterns) identifizieren. Somit kann sie zu einer wertvollen Entscheidungshilfe werden.

Die erneuerbaren Energien bis 2020 und darüber hinaus

Alain LIEBARD

Seit dem französischen Umweltgipfel „Grenelle“ sind die erneuerbaren Energien in Frankreich bei allen oder fast allen bekannt. Doch die Auswirkung auf die Gesellschaft und das Bild der Zukunft, das sie entwerfen, werden in ihrer vollen Tragweite nicht unbedingt verstanden. Das, was sich zu entwickeln beginnt, ist eine wahre Metamorphose. Wird es Frankreich gelingen, sie zu bewerkstelligen und von ihr zu profitieren?

Der Beitrag der Öko-Informations- und Kommunikationstechnologien

Die DETIC-Gruppe und grünes Wachstum

Jean CUEUGNIET

Die Informations- und Kommunikationstechnologien bieten die Voraussetzungen dafür, dass Menschen miteinander in Verbindung treten und zu Hause oder im Büro Aufgaben erledigen können, die andernfalls Mobilität und Umweltverschmutzung verursacht hätten. Nichtsdestoweniger sind sie für einen beträchtlichen und zunehmenden Anteil des Stromverbrauchs verantwortlich und verursachen zudem auch Emissionen von Treibhausgasen. Der Autor, der an mehreren Arbeiten zu diesem Thema beteiligt war, insbesondere als Referent der DETIC-Gruppe (Gruppe für öko-verantwortliche Entwicklung und Informationstechnologie), zieht hier die Bilanz der Untersuchung der Verwaltung über die Auswirkungen der Informations- und Kommunikationstechnologien. In einem persönlicheren Teil fragt er sich, welche Veränderungen das grüne Wachstum herbeigeführt hat.

Das Wachstum der kleinen und mittelständischen Betriebe und nachhaltige Entwicklung

André-Jean GUERIN

Seit 2008 erinnert die Krise an den wirtschaftlichen Imperativ : für die Unternehmen wird die Optimierung des gesamten Ressourcenmanagements wieder zum umfassenden Qualitätsimperativ, während sich für die Öko-Unternehmen neue Perspektiven eröffnen. Die Zahl der kleinen und mittelständischen Betriebe, die im Sinne der Nachhaltigkeit tätig sind, steigt unaufhörlich. Das fehlende Interesse der französischen Unternehmen für die Einführung neuer Managementsysteme ist wahrscheinlich auf die Art und Weise zurückzuführen, wie gewisse große Auftraggeber eine extreme Anhäufung von Bezugssystemen und Kontrollen aufgezungen haben, auf die quasi verwaltungsmäßige Interpretation der normativen Anforderungen durch die Zertifikatsaussteller sowie auf die besonders kleine Größe der meisten französischen Unternehmen.

Für ein nachhaltiges Management der natürlichen Ressourcen

Stefan BRINGEZU

Es wird enger auf unserem Planeten. Eine wachsende Weltbevölkerung wird reicher und verlangt mehr und mehr Produkte, die natürliche Ressourcen benötigen und mit verschiedenen Umweltbelastungen verbunden sind, angefangen vom Bergbau bis zur Abfallentsorgung. Der Wettbewerb um seltene Metalle führte bereits dazu, dass einzelne Länder den Export eingeschränkt haben. Die steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln und Non-Food Biomasse, wie z.B. Energiepflanzen für Biokraftstoffe, und Ernteerträge, die wegen häufigerer Wetterextreme stark schwanken, führen vermehrt zur Landnahme in anderen Staaten („land grabbing“) insbesondere in Entwicklungsländern. Ohne Mechanismen zur Dämpfung des Ressourcenverbrauchs werden abiotische und biotische Ressourcen übernutzt werden, werden Bergbau und Schwerindustrie immer mehr

Landstriche in entlegenen Regionen verwüsten und verschmutzen, Landwirtschaft wird in die verbleibenden Naturwälder vorstoßen und Konflikte zu Landnutzung und sauberem Wasser werden zunehmen

3. Forschung und Innovation zur Überwindung der „Hemmnisse“

Einige Strategien für eine neue Organisation der französischen und europäischen Forschung auf dem Gebiet der Energie

Olivier APPERT

Um die Synergien zwischen den Trägern der französischen Forschung zu verstärken, wurde die Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie, Ancre, ins Leben gerufen. Ancre vereint die Gesamtheit der französischen öffentlichen Forschungseinrichtungen, die mit den Energieproblematiken befasst sind, und verfolgt drei wichtige Missionen : die Förderung und Verstärkung der Partnerschaften und Synergien zwischen den öffentlichen Forschungseinrichtungen, den Universitäten und Unternehmen ; die Identifikation der wissenschaftlichen, technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Hemmnisse, die die industrielle Entwicklung auf dem Gebiet der Energie begrenzen ; und schließlich die Ausarbeitung von Mehrjahresplänen für gemeinsame Forschung und Entwicklung sowie von Vorschlägen für die Modalitäten ihrer koordinierten Durchführung.

Die technologischen und industriellen Herausforderungen auf dem Gebiet der kohlenstofffreien Energien

Jean THERME

Die weltweite energetische Landschaft, die sich in weniger als zwanzig Jahren beträchtlich verändert hat, ist im Begriff eine neue Revolution zu erleben, die durch die massive Einführung von erneuerbaren Energien, von entsprechenden neuen Technologien sowie von immer mehr Intelligenz in den Energienetzen und im Verhältnis zwischen Nachfrage und Angebot geprägt sein wird. In diesem Kontext ist mit einem heftigen industriellen und wirtschaftlichen Wettbewerb zu rechnen. Innovation ist ein Schlüsselfaktor des Erfolgs in dieser Schlacht. Frankreich verfügt mit seinen weltweit tätigen Industriellen und seinen Spitzenforschungszentren über die nötigen Trümpfe, um sie gewinnen zu können. Es muss von nun an den Schwerpunkt stärker auf produktionsseitige Faktoren setzen, das heißt auf die Förderung der Entwicklung von Industrie-sektoren sowie auf verstärkte Forschung und Innovation, indem es Exzellenzbereiche definiert, in denen es einer der weltweiten Marktführer werden kann. Wir werden Beispiele von Entwicklungen zeigen, die in Frankreich auf den Gebieten der Fotovoltaik und der Batterien initiiert wurden, Sektoren, die man weiterhin fördern und entwickeln soll.

Die Kompetenznetze, Motoren des grünen Wachstums

Alain SCHMITT

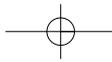
Seit ihren Anfängen im Jahr 2004 trägt die Politik der Kompetenznetze zur Verstärkung der Innovationskraft und zum Aufbau einer wahren sektoriellen Industriepolitik bei. Der Umweltgipfel „Grenelle“ hat bestätigt, dass der Umweltschutz eine Chance für Investitionen darstellt, die Wachstum und Arbeitsplätze auf nationaler wie internationaler Ebene generieren. Die französische Regierung hat eine Politik des grünen Wachstums eingeleitet, die darauf abzielt, die umweltpolitische Herausforderung als aussichtsreiche Wachstumsmöglichkeit für die französischen Unternehmen zu nutzen. Die beschlossenen Investitionen müssten bis zum Jahr 2012 in einer Tätigkeit resultieren, die mehr als 450 Milliarden Euro und 600 000 Arbeitsplätze generiert.

Die Kompetenznetze leisten einen hohen Beitrag zu dieser Dynamik.

Innovation, ein Schlüsselfaktor des grünen Wachstums

François DROUIN

Die französischen Indikatoren sind alle eindeutig : die kleinen und mittelständischen Unternehmen haben sich die Nachhaltigkeitsziele,



die von Europa und Frankreich beschlossen wurden, zu Eigen gemacht und in Marktchancen verwandelt. Die Unternehmen wetteifern mit Ideen, und es kommen immer öfter vielversprechende Initiativen mit dem Ziel zustande, die neuen Zwänge zu integrieren, insbesondere im Energiesektor, im Transportwesen, im Abfallmanagement, in der Baubranche und im Umweltmanagement.

Vom Demonstrationsfonds zu den Investitionen für die Zukunft : die Förderung eines französischen Angebots auf dem Gebiet der grünen Technologien

François MOISAN

Die französische Agentur für Umwelt und Energiemanagement ADEME wurde damit beauftragt, vier Programme auszuführen, die das Ziel haben, die Unterstützung der Initiativen für die Entwicklung „grüner“ Technologien, die im Rahmen des Demonstrationsfonds für die Forschung schon eingeleitet wurden, fortzusetzen und zu erweitern : ein Programm zu den kohlendioxidfreien Energien, ein Programm zu den intelligenten Stromnetzen, ein Programm zu den Fahrzeugen der Zukunft und ein Programm zur Kreislaufwirtschaft. Die öffentlichen Kredite für diese vier Programme belaufen sich insgesamt auf 2,85 Milliarden Euro über eine Verpflichtungsperiode von fünf Jahren. Im Übrigen wird das Programm zur Schaffung eines Exzellenzinzstituts für kohlendioxidfreie Energien, das mit einer Milliarde Euro dotiert ist, von der Agence Nationale de la Recherche durchgeführt.

Europäische Politik : welche technologischen Strategien für ein intelligentes und nachhaltiges Wachstum

Raffaele LIBERALI

Der strategische Plan für die neuen Energietechnologien, der im November 2007 als Antwort auf die energetische und klimatische Herausforderung gefasst wurde, hat vor allem das Ziel, die Entwicklung und die Verbreitung der neuen energetischen Technologien dank eines globalen und von den Mitgliedstaaten der EU koordinierten Vorgehens zu beschleunigen. Dieser Plan muss die Voraussetzungen dafür schaffen, dass Europa im Übergang zu einem intelligenten und nachhaltigen Wachstum weltweit die Führungsrolle einnehmen kann.

4. Neue Lebensformen zur Bewältigung des Übergangs

Die Voraussetzungen für das „grüne Wachstum“

Alain GRANDJEAN

Seit hundertfünfzig Jahren ist wirtschaftliches Wachstum mit einem exponentiellen Wachstum des Ressourcenverbrauchs verbunden und allgemeiner mit einer Zunahme des von Menschen verursachten Drucks auf die „ökologischen Dienstleistungen“, zu denen auch die Klimaregulation gehört. Die wohlbekanntesten Eigenschaften der exponentiellen Kurven machen die Fortführung dieses „Modells“ schlicht und einfach unmöglich. Wir werden in den kommenden Jahrzehnten, und zwar ob wir es wollen oder nicht, auf „Produktionshöchstgrenzen“ hinsichtlich der strategischen Ressourcen stoßen.

Kohlenstofffreie Städte, Motoren der grünen Wirtschaft von morgen ?

Jacques THEYS

Die „Prospektiv-Abteilung“ des französischen Ministeriums für Umwelt, nachhaltige Entwicklung, Verkehr und Wohnungsbau und die

Agentur für Umwelt und Energiemanagement ADEME haben Anfang 2009 ein bedeutendes Zukunftsforschungsprogramm auf den Weg gebracht, um realistische – annehmbare und effiziente – Projekte zu prüfen und um die Grundlagen für kohlenstofffreie Städte zu schaffen. Die Lebensweise in den Städten wird umfassend und nachhaltig die Wirkkraft und die Struktur der grünen Wirtschaft von morgen prägen.

Energie und Wirtschaftsgebiete : für ein Konzept „Energie 2.0“ mit den kommunalen Körperschaften

Gérard MAGNIN

Es hat nie wirklich eine Politik gegeben, die die Wärme in den Vordergrund stellt, die 40 % des Bedarfs repräsentiert, während es seit langem eine Politik gibt, die auf die Elektrizität fokussiert ist, die nur 20 % des Bedarfs repräsentiert, die aber immer das energetische System eines Landes in seiner Gesamtheit entscheidend prägt. Dies war das Ergebnis einer zentralisierten – einzigartigen und nationalen – Politik, die auf die quantitativen makro-energetischen Bedürfnisse ausgerichtet war, während sich eine dezentralisierte, lokale und qualitativere Methode auf die simultanen Bedürfnisse nach Wärme, Kälte, spezifischer Elektrizität, sowie auf die Nutzung der lokalen energetischen Potenziale einschließlich der potenziellen Energieeinsparungen stützen wird. Also schlagen wir das Konzept der „energetischen Subsidiarität“ vor. In seiner allgemeinen Bedeutung setzt Subsidiarität voraus, dass Lösungen so nahe wie möglich dort gesucht werden, wo entsprechende Problemlösungen erforderlich sind. In seiner besonderen, auf die Energie bezogenen Bedeutung lässt sich daraus folgern, dass auf systematische und integrierte Art und Weise lokal verfügbare energetische Potenziale zu mobilisieren sind.

Ein urbanes, nachhaltiges Wachstum

Pierre-Noël GIRAUD

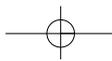
In diesem Artikel werden die wichtigsten Ergebnisse eines Berichts des Weltenergieerats mit dem Titel „Energy and Urban Innovation“ vorgestellt. Dieser Bericht behandelt die Herausforderungen, die mit der Energie in den Städten verbunden sind (insbesondere in den großen Städten und „Megastädten“), und die Politiken, die zur Bewältigung dieser Herausforderungen umgesetzt werden oder beschlossen werden könnten, sowie die Rolle, die die Unternehmen in der Durchführung dieser Politiken spielen können. Es zeigt sich, dass beträchtliche Fortschritte möglich sind, wenn vorhandene Techniken eingesetzt werden. Die Hauptschwierigkeiten liegen in ihrer Verbreitung. Um den Rhythmus der Transformationen zu beschleunigen, sind heute vor allem organisatorische und institutionelle Innovationen nötig, die dazu geeignet sind, die verschiedenen Akteure besser zu motivieren und untereinander zu koordinieren.

Sondebeitrag

IN MEMORIAM : Marcel Lemoine

Jacques Debelmas

Koordinierung der Beiträge von Hélène SERVELLE und Richard LAVERGNE



A nuestros lectores de lengua española...

¿UN DESARROLLO ECOLÓGICO?

Editorial

Bruno Sauvalle

Prefacio

Hélène Serveille y Richard Lavergne

1. Principios fundamentales para unas políticas públicas diversificadas

Las proposiciones del informe Stiglitz. ¿Qué aportan al manejo del desarrollo ecológico?

Didier Blanchet

El Informe Stiglitz ha analizado los principales enfoques disponibles en materias de indicadores del desarrollo sostenible. La producción de un índice guía para la sostenibilidad mundial no fue posible. En particular, no basta con dar un toque ecológico al PIB para enviar mensajes claros sobre la sostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo. El enfoque defendido por el informe es más bien un enfoque llamado «de reservas», que trata de seguir los niveles de diferentes factores o barreras para el desarrollo, ya sean económicos, sociales o medioambientales.

Situación actual de la industria: ¿hay espacio para la ecología en las políticas industriales francesas?

Luc Rousseau

El sector ecológico aún no ha podido ser identificado con precisión por las estadísticas oficiales, pero algunos estudios estiman que en la actualidad representa más de 300000 empleos en Francia. Su desarrollo es fuerte y podría permitir la creación de un gran número de empleos para el año 2020. Sin embargo, la ecología es también una cuestión transversal que afecta a todos los sectores industriales. El «enverdecimiento» de las empresas es sin duda uno de los aspectos clave de la competitividad. El programa en torno a la situación actual de la industria ha dado como resultado, en particular, la creación de préstamos verdes para financiar las inversiones industriales virtuosas tanto para la competitividad empresarial como para el medio ambiente.

La economía ecológica, una respuesta a los desafíos del siglo XXI

Michèle Pappalardo

En realidad no hemos comenzado a medir la magnitud de los problemas que nos afectarán en los próximos años y que en muchos casos ya son la causa de los problemas de hoy. Las preocupaciones son el crecimiento demográfico, la disponibilidad de los recursos naturales y las dramáticas consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y en las organizaciones humanas. Los dos componentes principales de la economía ecológica son la gestión sostenible de los recursos y la lucha contra el cambio climático, estos dos ejes se combinan en parte, en lo referente a los combustibles fósiles.

Por un desarrollo ecológico en Marruecos

Amina Benkhadra

Consciente de los actuales problemas ambientales, Marruecos ha optado por que el Manifiesto Nacional para la Preservación del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible, presentado el 14 de enero de 2010, se convierta en un marco legal para armonizar y consolidar las acciones realizadas. A través de este marco legislativo, Marruecos

tendrá un instrumento para gestionar mejor el tema ambiental. El desarrollo sostenible y el desarrollo ecológico también se encuentran entre las prioridades de la nueva estrategia energética nacional presentada en la primera conferencia sobre la energía, el 6 de marzo de 2009. La capacidad eléctrica instalada se triplicará en 2020 respecto a su nivel actual. En esta perspectiva, las plantas que operan con energías renovables representarán el 42% del total de la capacidad eléctrica instalada, energía solar, eólica e hidroeléctrica con 14% respectivamente.

La estrategia de la OCDE para un desarrollo ecológico

Nathalie Girouard

En 2011, la OCDE presentará su estrategia para el desarrollo ecológico. Queda mucho por hacer para desarrollar los impuestos ambientales y los sistemas de permisos negociables, muy apreciados en tiempos de grandes déficits presupuestarios. Ahora bien, como las empresas son alérgicas a la incertidumbre, las tasas de impuestos predecibles y fiables son necesarias para fomentar la inversión en la innovación. Otras iniciativas, como la reducción de los subsidios para el consumo de combustibles fósiles, también pueden promover el desarrollo ecológico, al mismo tiempo que se aumenta la eficiencia y se reduce el gasto público.

2. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y los recursos para una economía más verde

El apoyo al desarrollo de las nuevas técnicas de la energía (NTE) y el acompañamiento de la transición energética hacia una economía sin carbono más segura y competitiva

Pierre-Franck Chevet

Para que Francia sea uno de los principales actores industriales en el campo de las nuevas tecnologías energéticas, como lo ha hecho hace unos cuarenta años en materias de energía nuclear, se ha optado por no descuidar ninguna fuente energética potencial. A través de una amplia gama de dispositivos de apoyo a las industrias y la innovación en nuevas tecnologías energéticas, Francia apoya – como parte de un mercado europeo de la energía – la aparición o consolidación de actores involucrados en campos tecnológicos tan diversos como la energía marina, la energía solar termodinámica, las redes energéticas inteligentes o la fabricación de unidades de biogás. De esta manera, con Suecia y Alemania, Francia es hoy uno de los primeros productores europeos de energía renovable.

¿Cómo caracterizar la eficacia de las políticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero? Un método de análisis en un universo incierto

Stéphane Amant

En nombre de la ADEME (Agencia francesa para el medio ambiente y el control de la energía), Carbone 4 ha desarrollado e implementado en varias herramientas una metodología para evaluar la eficacia de las políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en virtud de un criterio doble: «costo total por tonelada de equivalente de CO₂ evitada» / «potencial de reducción de emisiones evitadas». La originalidad de esta metodología radica en su capacidad de comparar las mediciones realizadas en diferentes contextos socioeconómicos, aportando elementos de análisis útil en el contexto de la reflexión en un universo incierto, lo que será cada vez más difícil de evitar. Al poner de manifiesto los factores clave que regulan la eficacia de cada medida, sirve para identificar las condiciones de su éxito (o fracaso) y es probable que constituya, por ello, una valiosa ayuda para la toma de decisiones.

Las energías renovables hacia 2020 y más allá

Alain Liebard

Después del *Grenelle de l'environnement*, casi todo el mundo ha oído hablar de las energías renovables en Francia. Sin embargo, su impacto en la sociedad y el futuro que implican no se entienden en su perspectiva correcta. Es una verdadera metamorfosis que se ha puesto en marcha. ¿Sabrá Francia guiarla y aprovecharla?

La contribución de las eco-TIC a la protección del medio ambiente Contribución del grupo Detic y desarrollo ecológico

Jean Cueugnet

Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) permiten que la gente se comunique y realice, desde su hogar u oficina tareas que necesitan transporte y generan contaminación. Sin embargo, representan un consumo de energía importante y creciente, y también provocan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El autor, que ha participado en varios estudios sobre el tema, sobre todo como portavoz del grupo Detic (Desarrollo respetuoso del medio ambiente y TIC) hace un balance del trabajo del gobierno francés sobre el impacto de las TIC. En un campo más personal, se cuestiona sobre los efectos indirectos del desarrollo ecológico.

Desarrollo de las PYME y desarrollo sostenible

André-Jean Guerin

Desde 2008, la crisis nos hace recordar el imperativo económico según el cual para las empresas la optimización de la gestión de todos los recursos se ha convertido en un imperativo de la calidad total, mientras que nuevas oportunidades se abren para las eco-empresas. El número de PYME que van en la dirección del desarrollo sostenible es cada vez mayor. La falta de interés de las empresas francesas por la implementación de sistemas de gestión se relaciona probablemente con la forma en que algunos altos ejecutivos han impuesto una acumulación excesiva de referenciales y controles, la interpretación casi administrativa de los requisitos normativos por parte de los certificadores, al igual que el tamaño pequeño de la mayoría de las empresas francesas.

Gestión sostenible de los recursos (Elementos claves para una gestión de los recursos sostenible en la economía)

Stefan Bringezu

La situación es cada vez más difícil en nuestro mundo. Una parte creciente de la población mundial es cada vez más rica y demanda más y más productos que requieren recursos naturales y tienen impactos ambientales que van de la minería a la eliminación de residuos. La competencia en el sector de los metales escasos ha hecho que algunos países prohíban las exportaciones que contengan tales materias primas. La creciente demanda de biomasa alimentaria y no alimentaria, tales como reservas de alimentos para la producción de biocombustibles y las cosechas que fluctúan debido a las condiciones meteorológicas extremas más frecuentes han provocado la apropiación de tierras en algunos países, sobre todo en las regiones en desarrollo. Sin mecanismos para moderar el consumo de recursos, los recursos bióticos y abióticos se agotarán, la minería y la refinación devastarán y contaminarán más y más lugares en zonas remotas, la agricultura se expandirá hacia los bosques naturales que quedan y los conflictos sobre el uso de la tierra y el agua se incrementarán.

3. Investigación e innovación para vencer los obstáculos

Iniciativas estratégicas para una nueva organización de la investigación francesa y europea en el campo de la energía

Olivier Appert

Para reforzar las sinergias entre los agentes de la investigación francesa, se ha creado la Alianza Nacional para la Coordinación de la

Investigación en Energía (ANCRE). La ANCRE reúne a todas las organizaciones públicas de investigación francesas implicadas en temas de energía y tiene tres misiones principales: fomentar y fortalecer las alianzas y las sinergias entre las organizaciones públicas de investigación, las universidades y las empresas, identificar obstáculos científicos, tecnológicos, económicos y sociales que limitan el desarrollo industrial en el ámbito de la energía y, finalmente, proponer proyectos plurianuales comunes en I + D y los procedimientos para su aplicación coordinada

Los desafíos tecnológicos e industriales de las energías sin carbono

Jean Therme

El panorama energético mundial, que ha cambiado profundamente en menos de veinte años, se prepara para una nueva revolución con la introducción masiva de energías renovables, nuevas tecnologías asociadas, así como cada vez más inteligencia en las redes de energía, en la gestión de la demanda y la oferta. En este contexto, la competencia industrial y económica parece dura. La innovación es un factor clave del éxito en esta batalla. Francia tiene la fuerza para ganar, con sus industriales de escala mundial y sus centros de investigación de primer plano. Sólo debe poner más énfasis en los factores previos, es decir en el apoyo al desarrollo de sectores industriales, así como la investigación y la innovación, seleccionando redes de excelencia en las que puede convertirse en un líder mundial. Mostraremos ejemplos de iniciativas iniciadas en Francia en términos de industrias de energía fotovoltaica y de baterías, sectores que se deben seguir apoyando y desarrollando.

Los polos de competitividad (clusters), motores del desarrollo ecológico

Alain Schmitt

Desde su lanzamiento en 2004, la política de polos de competitividad (clusters) contribuye a potenciar la innovación y la construcción de una verdadera política industrial de los sectores.

El *Grenelle de l'environnement* confirmó que la protección del medio ambiente es una oportunidad de inversión que genera desarrollo y empleo tanto a nivel nacional como internacional. El gobierno francés ha aplicado una política de desarrollo ecológico cuyo objetivo es convertir el desafío ambiental en una oportunidad de desarrollo para las empresas francesas. Se espera que las inversiones generen, en 2012, una actividad de más de 450000 millones de euros y 600000 empleos (1).

Los clusters son una contribución importante a esta dinámica.

La innovación, elemento clave del desarrollo ecológico

François Drouin

Todos nuestros indicadores son positivos: las PYME francesas han adoptado los objetivos fijados por Europa y Francia en términos de desarrollo sostenible y los han convertido en oportunidades de mercado. Las empresas que tienen muchas ideas y las iniciativas prometedoras para responder a las nuevas restricciones van en aumento, especialmente en los sectores de la energía, el transporte, la gestión de residuos, la construcción y los riesgos ambientales. ¡El banderazo de salida del desarrollo ecológico ya se ha dado!

Promover la oferta francesa en el campo de las tecnologías ecológicas, del fondo de demostración a las inversiones futuras

François Moisan

La ADEME es responsable de la aplicación de cuatro programas para continuar y ampliar el apoyo a las iniciativas en el desarrollo de nuevas tecnologías ecológicas iniciadas en el marco del Fondo de demostración en Investigación: un programa sobre la energía libre de carbono, un programa sobre las redes eléctricas inteligentes, un programa sobre los vehículos del futuro y un programa sobre la economía circular. El total de los fondos públicos asignados a estos cuatro programas asciende a 2850 millones de euros para un período de cinco años. Además, el programa dedicado a la creación de un instituto de excelencia sobre las energías sin carbono, con mil millones

de euros, está gestionado por la Agencia francesa para la Investigación (ANR).

Políticas europeas, ¿cuáles estrategias tecnológicas se deben adoptar para fomentar un desarrollo inteligente y sostenible

Raffaele Liberali

El plan estratégico de nuevas tecnologías energéticas (plan SET), se ha puesto en marcha en noviembre de 2007 para enfrentar los desafíos de la energía y el clima. Su objetivo principal es acelerar el desarrollo y despliegue de nuevas tecnologías energéticas a través de un enfoque integral y coordinado entre los Estados miembros de la Unión Europea. Este plan debe posicionar a Europa como líder mundial en la transición hacia un desarrollo inteligente y sostenible.

4. Nuevos modos de vida para acompañar la transición

Las condiciones del "desarrollo ecológico"

Alain Grandjean

Durante ciento cincuenta años, el desarrollo económico ha estado acompañado por el desarrollo exponencial del consumo de recursos, y en general, de la creciente presión humana sobre los «servicios ecológicos», incluyendo la regulación del clima. Las propiedades bien conocidas de las curvas exponenciales no permiten continuar con este «modelo». En las próximas décadas nos vamos a encontrar, nos guste o no, con «picos de producción» de los recursos estratégicos.

Las ciudades "post-carbono", ¿motores de la economía ecológica de mañana?

Jacques Theys

La misión "prospectiva" del ministerio francés de la ecología, del desarrollo sostenible, de transporte y vivienda, y de la ADEME se han comprometido a principios de 2009 en un importante programa de previsión que desea explorar formas realistas – aceptables y eficaces – para avanzar hacia las ciudades post-carbono. Lo que suceda en las ciudades determinará la estructura de la economía verde del mañana, de forma amplia y duradera.

Energía y territorios. Hacia un concepto de "Energía 2.0" con los municipios

Gérard Magnin

No ha habido nunca una política del calor, que representa un 40% de las necesidades, mientras que desde hace mucho tiempo ha

habido una política de electricidad, que sólo representa un 20% de las necesidades, pero que sobredetermina el sistema energético de un país en su conjunto. Esto ha resultado en un enfoque centralizado, mono-producto y nacional, centrado en necesidades macro-energéticas cuantitativas, en vez de un enfoque descentralizado, local, más cualitativo, basado sobre las necesidades simultáneas de calor, frío y electricidad específica, así como sobre la explotación de los potenciales energéticos locales, incluyendo los ahorros de energía potenciales. Proponemos pues el concepto de "subsidiariedad energética". En su acepción general, la subsidiariedad supone que algunas soluciones se busquen lo más cerca posible de los problemas que deben solucionarse. En su acepción particular relativa a la energía, implica movilizar de manera sistemática e integrada los potenciales energéticos disponibles localmente.

Un desarrollo urbano sostenible

Pierre-Noël Giraud

Este artículo presenta los principales mensajes de un informe del Consejo Mundial de la Energía (World Energy Council) titulado "Energy and Urban Innovation". Este informe estudia los retos vinculados a la energía en las ciudades (en particular las grandes ciudades y las "megalópolis"), las políticas que se aplican y podrían aplicarse para enfrentar estos retos y el papel que las empresas pueden desempeñar en la aplicación de estas políticas. Todo indica que se pueden lograr progresos considerables utilizando las técnicas existentes. Las principales dificultades residen en su difusión. Actualmente se necesitan sobre todo innovaciones organizativas e institucionales, destinadas a incitar mejor y coordinar los distintos protagonistas, para acelerar el ritmo de las transformaciones.

Otros Temas

IN MEMORIAM: Marcel Lemoine

Jacques Debelmas

Dossier coordinado por Hélène Serveille y Richard Lavergne

Publié par
**ANNALES
 DES
 MINES**
 Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les *Annales des Mines* éditent trois séries complémentaires :

**Responsabilité & Environnement,
 Réalités Industrielles,
 Gérer & Comprendre.**

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. *Gérer & Comprendre* va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

**ABONNEZ-VOUS
 AUX
 ANNALES DES MINES**

**RESPONSABILITÉ
 & ENVIRONNEMENT
 et
 RÉALITÉS INDUSTRIELLES
 et
 GÉRER & COMPRENDRE**

**DEMANDE DE
 SPÉCIMEN**

L'INDUSTRIE
 AU
 CONCRET

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner accompagné de votre règlement
aux Editions ESKA <http://www.eska.fr>

12, rue du Quatre-Septembre - 75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

Je m'abonne pour 2011, aux Annales des Mines

R e s p o n s a

4 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 85 €	<input type="checkbox"/> 104 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 111 €	<input type="checkbox"/> 134 €

Responsabilité & Environnement + Réalités industrielles

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 163 €	<input type="checkbox"/> 205 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 196 €	<input type="checkbox"/> 265 €

**R e s p o n s a
b i l i t é**

12 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 208 €	<input type="checkbox"/> 263 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 308 €	<input type="checkbox"/> 368 €

Nom

Fonction

Organisme

Adresse

Je joins : un chèque bancaire
à l'ordre des Editions ESKA
 un virement postal aux Editions ESKA,
CCP PARIS 1667-494-Z
 je souhaite recevoir une facture

D

A retourner à la rédaction des Annales des Mines
120, rue de Bercy - Télédéc 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68 - Fax : 01 53 18 52 72

Je désire recevoir, dans la limite des stocks
disponibles, un numéro spécimen :

- de la série **Responsabilité & Environnement**
 de la série **Réalités industrielles**
 de la série **Gérer & Comprendre**

Nom

Fonction

Organisme

Adresse

Publié par
**ANNALES
DES
MINES**
Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les Annales des Mines éditent trois séries complémentaires :

**Responsabilité & Environnement,
Réalités Industrielles,
Gérer & Comprendre.**

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. *Gérer & Comprendre* va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

L'INDUSTRIE
AU
CONCRET