

# VRS

La Vie de la recherche scientifique

n° 370

juillet/août/septembre

2007

Prix au numéro : 8€



## Énergie

### Produire et économiser

→ **ÉDITORIAL** : Lucidité, détermination, action → **LOI LIBERTÉS ET RESPONSABILITÉS DES UNIVERSITÉS** : L'élan brisé → **ACTUALITÉS** : La lettre de (per)mission de Sarkozy à V. Pécresse → **RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE** : Énergie et climat → **ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT ET INDUSTRIE** : Les promesses des bioénergies → **LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE** : les instruments économiques → **FORUM** : Quels indicateurs bibliométriques pour quelle évaluation ?



# Pourquoi je suis à la GMF ?

"... parce que c'est une très bonne assurance pour ma voiture ..."



"... que leurs tarifs sont vraiment ajustés ..."



"... qu'ils me protègent même au travail ..."



"... que c'est aussi l'assurance de ma maison, ..."



"... et qu'il ya des contrats adaptés pour tous ceux qui y vivent !"



**GMF, 1<sup>ER</sup> ASSUREUR DES AGENTS DES SERVICES PUBLICS.**

Un seul numéro : GMF au **0820 809 809** (0,12€ TTC/mn) ou sur **www.gmf.fr**

La Garantie Mutuelle des Fonctionnaires et employés de l'Etat et des services publics et assimilés. Société d'assurance mutuelle  
Entreprise régie par le Code des assurances - 45930 Orléans cedex 9 et ses filiales GMF Assurances et la Sauvegarde.



# Lucidité, détermination, action

Contre la volonté de la majorité des universitaires et des chercheurs, le gouvernement a imposé durant l'été une nouvelle loi d'organisation de l'enseignement supérieur et tourne déjà le dos aux fracassantes déclarations électorales sur la mise à niveau des moyens budgétaires des universités et de la recherche.

Les lois adoptées – avec une précipitation qui manifeste un goût de revanche idéologique voire de liquidation du patrimoine républicain – constituent une mise en cause des services publics et une confiscation au profit des plus fortunés des avantages fiscaux les plus éhontés.

Le projet de loi de finances 2008 amplifie les effets désastreux du crédit impôt recherche qui absorbe l'essentiel (400 millions d'euros) des hausses annoncées de budget. Les autres aspects sont aussi nocifs. Aucun recrutement statutaire annoncé, suppression de milliers d'emplois dans l'éducation et pour le supérieur et la recherche, possibilités de recruter en CDD ou CDI du personnel par centaines – tant pour les tâches administratives que pour celles d'enseignement – et hors statut et hors échelle indiciaire, quelques chercheurs étrangers censés redorer le blason prétendument écorné, si l'on s'en tient au scandaleux classement de Shanghai, de la recherche française.

Cet été, les réactions d'un vaste éventail du monde scientifique ont déjoué l'enfermement d'une logique binaire simpliste : statu quo ou loi « Péresse ». Ces soutiens et sympathies qui s'expriment dans de larges secteurs de la société, il est possible de les fédérer pour rendre incontournables l'abrogation de ce texte et la mise en débat d'une loi portant ambition et conception démocratiques pour le supérieur et la recherche.

Les menaces globales sur les libertés (droit de grève, peines « planchers », abandon de l'irresponsabilité pénale des malades mentaux...), sur l'emploi et les salaires, sur la protection sociale et les retraites rendent de telles convergences nécessaires.

C'est donc à une rentrée lucide et déterminée que nos syndicats appellent ! ■



Le 10 septembre 2007



Jean Fabbri  
Secrétaire général du SNESUP-FSU

## Syndicat national des chercheurs scientifiques [SNCS-FSU]

1, place Aristide-Briand. 92195 Meudon Cedex  
Tél. : 01 45 07 58 70. Fax : 01 45 07 58 51  
Courriel : [snscs@cnrs-bellevue.fr](mailto:snscs@cnrs-bellevue.fr)  
[www.snscs.fr](http://www.snscs.fr)

## Syndicat national de l'enseignement supérieur [SNESUP-FSU]

78, rue du Faubourg Saint-Denis. 75010 Paris  
Tél. : 01 44 79 96 10. Fax : 01 42 46 26 56  
Courriel : [accueil@snesup.fr](mailto:accueil@snesup.fr)  
[www.snesup.fr](http://www.snesup.fr)



→ **Directeur de la publication** : Jean-Luc Mazet → **Rédacteurs en chef** : François Bouillon et Jean-Marc Douillard  
→ **Comité de programmation** : Les bureaux nationaux du SNCS et du SNESUP → **Ont participé à ce numéro** : Nathalie Alazard-Toux, Henri Audier, Sébastien Balibar, Frédéric Baudin, Jacques Bertoglio, François Bouillon, Guillaume Bourtourault, Alain Clément, Patrick Criqui, Sylvain David, Jean Fabbri, Jacques Fossey, Jean Jouzel, Jacky Kister, Mindjid Maïzia, Frédéric Marillier, Jean-Luc Mazet, Hervé Nifenecker, Didier Pillot, Sylvie Pittia, Alexandre Rojey, Michel Séguy, Jean-Pierre Traisnel → **Secrétaire de rédaction** : Laurent Lefèvre → **Rédacteur-graphiste** : Stéphane Bouchard  
→ **Illustration** : Fotolia.com. Couverture : © LULU/FOTOLIA.COM → **Impression** : Imprimerie De Chabrol CAP 18. Case postale 49. 189, rue d'Aubervilliers 75886 Paris Cedex 18 → **Routage** : Improfi → **Régie publicitaire** : Com d'habitude publicité. 25 rue Fernand Delmas, 19100 Brive-la-Gaillarde. Tél. : 05 55 24 14 03. Fax : 05 55 18 03 73. Contact : Clotilde Poitevin-Amadiou ([contact@comdhabitude.fr](mailto:contact@comdhabitude.fr)/[www.comdhabitude.fr](http://www.comdhabitude.fr)). Ce N° comporte un encart publicitaire INTERMEDES aux abonnés → **Promotion** : Annie Huet → **Informatique, Web** : Hatem Douraï → **La Vie de la recherche scientifique** est publiée par le SNCS-FSU, 1, place Aristide-Briand, 92195 Meudon Cedex. Tél. : 01 45 07 58 70 — Fax : 01 45 07 58 51 — [snscs@cnrs-bellevue.fr](mailto:snscs@cnrs-bellevue.fr). **Commission paritaire** : 0409 S 07016. **ISSN** : 0755-2874. **Dépôt légal à parution**. Prix au numéro : 8 euros — Abonnement annuel (4 numéros) : 25 euros (individuel), 50 euros (institutionnel).



# VRS 370

juillet/août/septembre 2007

## → ÉDITORIAL ..... p. 03

Lucidité, détermination, action.  
Jean Fabbri

## → ACTUALITÉS ..... p. 06

L'élan brisé de l'enseignement supérieur et de la recherche.  
Jean Fabbri ..... p. 06

La lettre de (per)mission de Sarkozy à V. Pécresse.  
Henri Audier ..... p. 08

Propositions pour les «jeunes chercheurs».  
Jean-Luc Mazet ..... p. 10

Le crédit d'impôt recherche.  
Jacques Fossey ..... p. 12

La jeune entreprise universitaire capitalise sur la marchandisation de l'éducation.  
François Bouillon ..... p. 14

## → ÉNERGIE : PRODUIRE ET ÉCONOMISER ..... p. 15

Énergie et climat.  
Jean Jouzel ..... p. 16

Le Haut Conseil de la science préconise la création d'un projet énergie.  
Henri Audier, François Bouillon ..... p. 18

«Le marché ne peut tenir lieu de politique industrielle».  
Michel Séguy ..... p. 20

Énergie, environnement et industrie : les promesses des bioénergies.  
Guillaume Bourtourault ..... p. 23

Vers une nouvelle ère énergétique.  
Nathalie Alazard-Toux ..... p. 26

Énergie de la mer : la nouvelle vogue.  
Alain Clément ..... p. 27

Le nucléaire : une dangereuse diversion.  
Frédéric Marillier ..... p. 28

Le nucléaire : une des clés du casse-tête énergétique.  
Sylvain David ..... p. 30

Scénario pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>.  
Alexandre Rojey ..... p. 34

Réchauffement climatique : une urgence absolue.  
Sébastien Balibar ..... p. 36

Politique de réduction des gaz à effet de serre.  
Hervé Nifenecker ..... p. 38

Lutte contre le changement climatique : les instruments économiques.  
Patrick Criqui ..... p. 40

Énergie et transport : une question de gouvernance ?  
Didier Pillot ..... p. 42

Énergie et habitat : des économies d'énergie à domicile.  
Mindjid Maïzia, Jean-Pierre Traisnel ..... p. 44

## → FORUM ..... p. 48

Quels indicateurs bibliométriques pour quelle évaluation ?  
Frédéric Baudin, Jacques Bertoglio, Jacky Kister, Sylvie Pittia ..... p. 48

## → ABONNEMENT/ADHÉSION ..... p. 51

# La Sorbonne nouvelle l'archipel du savoir



## Presses Sorbonne Nouvelle

Monde anglophone Monde hispanophone Monde lusophone Études germaniques  
Études hongroises Études italiennes Littérature française Littérature comparée  
Sciences du langage Traduction Regards économiques Espace européen  
Cinéma Théâtre Communication, information, médias

RESTEZ INFORMÉS AVEC LA LETTRE D'INFORMATION DES PSN SUR :  
<http://psn.univ-paris3.fr>

### La Boutique des Cahiers

8 rue de la Sorbonne - 75005 Paris  
Tel : 00 33 (0)1 40 46 48 02  
Fax : 00 33 (0)1 40 46 48 04  
Courriel : [psn@univ-paris3.fr](mailto:psn@univ-paris3.fr)

Diffusion **CiD**

131 boulevard Saint-Michel - 75005 Paris  
Tel : 00 33 (0)1 53 10 53 95  
Fax : 00 33 (0)1 53 10 54 06



# L'élan brisé de l'enseignement supérieur et de la recherche

**Discutée dans l'urgence, la loi « libertés et responsabilités des universités » adoptée par le Parlement le 1<sup>er</sup> août bouleverse les missions de l'Université asservie à un pilotage plus économique que scientifique.**

**JEAN FABBRI**

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DU SNESUP.

Avec précipitation, le gouvernement a fait adopter une loi qu'il a baptisée « libertés et responsabilités des universités » mais dont les enjeux et les conséquences portent bien plus loin que les seuls établissements mentionnés.

Ce texte s'inscrit dans le prolongement du « pacte pour la recherche » (avril 2006) dénoncé dans les colonnes de la VRS, du rapport Goulard (avril-mai 2007) et des thématiques de dérégulation chères à l'OMC. Comme sur d'autres chantiers législatifs et fiscaux ouverts par le gouvernement issu du scrutin présidentiel, la conception républicaine des services publics et le rôle de l'État comme garant d'équités territoriale et sociale sont sérieusement remis en cause.

Depuis 2004, le mouvement pour « sauver la recherche » a largement rapproché les chercheurs, les universitaires et leurs organisations – ce dont témoigne aussi la VRS – et

a bataillé pour les budgets et les emplois. Avant tout, il a mis en évidence des besoins profonds de transformation du monde scientifique public dans tous les champs disciplinaires. Synergies entre universités et organismes, nouvel élan nécessaire pour les financements et l'emploi scientifique – en particulier pour offrir des perspectives attractives aux générations nouvelles – constituaient le noyau dur des propositions des États généraux de Grenoble (octobre 2004). Dans ce cadre, des évolutions notables de l'organisation et du fonctionnement universitaire prennent sens. Le statu quo n'est ni scientifiquement ni socialement tenable – en témoigne en particulier la situation d'échec dans laquelle sont conduits bien trop d'étudiants dès le début des études post-bac.

## Quelles logiques temporelles pour l'université ?

L'activité de recherche des universitaires s'exerce en résonance avec celle de

la formation : irriguer l'enseignement des avancées scientifiques et passer le relais aux nouvelles générations sur le front de l'avancée des connaissances. Ces évidences aident à concevoir que les horizons de temporalité des universitaires ne sont ni ceux des contrats ni ceux des mandats électoraux. Pas plus les contrats quadriennaux des établissements que les mandats des présidents d'université ne correspondent à des périodes de temps cohérentes dans leurs finalités et leurs résultats en matière de formation et de recherche. Ce cœur des pratiques professionnelles des enseignants-chercheurs donne une des raisons pour lesquelles de nombreux universitaires – et dans un très large éventail de sensibilités – se sont opposés au texte « libertés et responsabilités des universités ».

Pour les étudiants dont la durée moyenne des formations universitaires reste inférieure à 5 ans, l'horizon



des actions censées porter des résultats «visibles» est bref. Et c'est particulièrement vrai pour ceux qui, soucieux d'évolutions collectives, participent à la vie démocratique des universités dans les conseils, syndicats et associations. La conception dominante concernant la fonction de président d'université, un «*manager qui imprime sa marque*», relève du même paradoxe. La loi adoptée par le Parlement le 1<sup>er</sup> août – PS, PC, Verts ont voté contre – vient rigidifier, en l'aggravant considérablement, cette situation. Si les visions de court terme sont pour le moins discutables en matière d'économie, elles sont catastrophiques pour la recherche et l'enseignement supérieur.

### Des enjeux qui dépassent le monde spécialisé

L'urgence réclamée par le gouvernement a interdit un véritable débat. Un recul de la ministre acté par le Parlement fut imposé par les réactions quasi unanimes du monde universitaire : ne peut devenir président qu'un universitaire ou chercheur... ou un enseignant associé. Même si cette dernière option reste bien trop large, les parlementaires ont signifié clairement que les universités ne doivent pas être livrées à des mercenaires spécialistes de la «présidence».

La loi est tout sauf une adaptation technique de la loi de 1984 et des effectifs du conseil d'administration et de la direction des universités. Elle bouleverse les missions de l'Université

asservie à un pilotage plus économique que scientifique. Elle étouffe les libertés universitaires et organise un contrôle hiérarchique féodal des enseignants-chercheurs. Citons, sans exhaustivité, l'attribution des primes (PEDR) au niveau des établissements par le président, la désignation des comités de sélection sans parité professeurs/maîtres de conférences, sans garde-fous disciplinaires, avec – épée de Damoclès sur les choix opérés – le droit de veto du président.

Le basculement arbitraire vers des recrutements hors statut (CDD ou CDI) et l'encouragement à financer des thèses, des postes, des thématiques de recherche sur fonds privés... accentuent les dégâts scientifiques – en particulier la précarisation des jeunes chercheurs – du Pacte pour la recherche et des agences qu'il a mises en place (ANR et AERES).

Dans le budget 2008 qui s'annonce, les trompettes qui font grand cas d'un traitement différencié entre l'enseignement secondaire et le supérieur/recherche devraient regarder dans le détail.

L'absence de collectif budgétaire pour septembre signifie une rentrée universitaire difficile où, une fois de plus, les personnels «assumeront» un surcroît de travail – orientation et conseils, enseignement, administration, etc. – au détriment des activités de recherche.

Les actes de ce gouvernement représentent une

insulte aux difficultés matérielles accrues des étudiants, à leur désarroi devant la complexité d'un système universitaire déjà bien trop cloisonné et concurrentiel.

À la grande satisfaction du MEDEF et de la CGPME, le crédit impôt recherche (CIR) – dont aucune étude n'a prouvé l'efficacité – devient dans ce projet de budget de plus en plus une subvention – pour près d'un milliard – délivrée sans contreparties : plus besoin de «justifier» d'un accroissement des investissements, tout ce qui relève des charges usuelles (salaires, frais, etc.) en R&D donne accès au CIR.

Les atteintes aux libertés scientifiques et démocratiques, à la collégialité dans les universités sont d'une égale ampleur à celles des autres textes législatifs adoptés dans l'urgence cet été : «peines planchers» et récidive, atteinte au droit de grève sous le terme «service minimum». Pourquoi seuls ces derniers ont-ils été contestés devant le Conseil constitutionnel par les parlementaires PS ? Effet du lobbying de la Conférence des présidents d'université ?

Face aux lourds dangers de la loi publiée le 11 août qui n'apporte ni les moyens ni les orientations d'une nouvelle dynamique pour la mobilisation des intelligences, il importe de préparer dans l'unité, avec les étudiants et les citoyens attachés aux libertés, une rentrée combative. ■

Jean Fabbri

# La lettre de (per)mission de Sarkozy à V. Pécresse

Chef-d'œuvre de la littérature militaire, la lettre de mission de V. Pécresse reprend le programme de Sarkozy (1) en oubliant ses généreuses promesses financières. Du ministre aux syndicats, elle indique à chacun les marges de la négociation, c'est-à-dire l'emplacement des pots de fleurs. Car les pots de fleurs, cela se met aussi dans les cimetières.

HENRI AUDIER

DIRECTEUR DE RECHERCHE ÉMÉRITE AU CNRS, MEMBRE DU BUREAU NATIONAL DU SNCS.

« Ce gouvernement, auquel vous appartenez, n'a désormais qu'un seul devoir : celui de mettre en œuvre le programme présidentiel [...]; des engagements ont été pris dans le champ de vos compétences ministérielles. Il va de soi que nous attendons de vous que vous les teniez. »

## Volontarisme prétexte à l'autoritarisme

En ce début de la lettre de mission de V. Pécresse, Sarkozy annonce la couleur : son élection a pour conséquence l'application intégrale de son programme, servant ainsi de prétexte à l'affaiblissement du rôle du Parlement et limitant la négociation à des modifications à la marge de ses projets. Cette conception réduit le rôle des ministres à celui de super-secrétaires, comme l'affirme la fin de ladite lettre : « Nous insistons sur le fait qu'un bon

ministre ne se reconnaîtra pas à la progression de ses crédits, mais à ses résultats et à sa contribution à la réalisation du projet présidentiel, y compris sur le plan financier. »

## Appauvrissement et réduction du rôle de l'État

Recherche et enseignement supérieur s'inscrivent dans la réforme de l'État : « L'objet de cette révision générale des politiques publiques sera de passer en revue [...] chacune des politiques publiques et des interventions mises en œuvre par les administrations publiques, d'en évaluer les résultats et de décider des réformes nécessaires pour améliorer la qualité du service rendu aux Français, le rendre plus efficace et moins coûteux, et surtout réallouer les moyens publics des politiques inutiles ou inefficaces au profit des poli-

tiques qui sont nécessaires et que nous voulons entreprendre ou approfondir. » Mais ce truisme est suivi par : « C'est dans le cadre de cette révision générale que sera mis en œuvre l'engagement présidentiel d'embaucher un fonctionnaire pour deux partant à la retraite et que nos objectifs de finances publiques sur cinq ans seront poursuivis et atteints [...] baisse aussi rapide que possible des prélèvements obligatoires avec l'objectif d'une réduction de quatre points sur dix ans. »

## Engagements de Sarkozy oubliés par le président

Cet appauvrissement organisé des finances de l'État ne sera pas sans conséquence sur nos secteurs, même si nous sommes moins « matraqués » que d'autres en termes d'emploi, du moins cette année. Dans ses



engagements, le candidat Sarkozy avait promis un milliard de plus pour les universités chaque année et 800 millions pour la recherche, hors crédit d'impôt précisait son site «debat20073». Il est significatif que cet engagement majeur ne figure plus dans la lettre de mission qui parle, sans autre précision, de « *moyens supplémentaires dont nous souhaitons doter notre système d'enseignement supérieur et de recherche* ». Par contre y figure « *l'augmentation de notre effort de recherche et de développement pour atteindre 3 % du PIB d'ici 2012* ». Objectif irréaliste car il supposerait que le privé investisse 10 % de plus par an dans la recherche. On peut se demander si – hypothèse réaliste – l'objectif caché n'est pas de consacrer la majeure partie des 800 millions promis à la recherche publique en «aides» au secteur privé.

### Vision comptable de l'insertion professionnelle

On ne peut qu'approuver certaines intentions affichées : il faut « *conduire rapidement plus de bacheliers vers l'enseignement supérieur, plus d'étudiants vers le diplôme, plus de diplômés vers l'emploi* ». « *Nous n'acceptons plus que tant de jeunes Français échouent dans leurs études universitaires. Vous ferez de la réussite en licence un chantier prioritaire* ». « *Vous procéderez à une importante amé-*

*lioration de la condition étudiante et de la vie universitaire [...] garantissant qu'aucun jeune Français ne soit écarté de l'enseignement supérieur pour des raisons financières.* »

Ces bonnes intentions n'ont de sens que si on rapproche les filières – universités, prépas, écoles, IUT, etc. – en garantissant aux étudiants des premiers cycles universitaires le même niveau d'encadrement que celui des prépas qui assurent un suivi individualisé de leurs étudiants. La directive « *d'allouer les moyens attribués aux établissements d'enseignement supérieur en fonction de leurs résultats en matière d'accès de leurs étudiants au diplôme et d'insertion de leurs diplômés sur le marché du travail* » conduira à une formation étroite, ciblée sur le premier emploi, dans un monde où les techniques et les savoirs évoluent vite. Elle encouragera les universités à des éliminations précoces pour avoir de meilleurs rendements. Elle condamnera les disciplines ayant d'abord une dimension culturelle, en particulier de larges secteurs des sciences humaines et sociales.

### Déstructuration accentuée du système public de recherche

Cette déstructuration, accentuant celle induite par «le Pacte» voté en 2006, est au service d'une vision étroitement utilitariste de la recherche (1). À savoir : « *une plus grande liberté des universités pour recruter leurs enseignants et leurs chercheurs, moduler leurs rémunérations* », « *faire évoluer nos grands organismes de recherche vers un modèle davantage fondé sur celui d'agences de moyens finançant des projets* », « *placer les universités au centre de l'effort de recherche, en confortant notamment leur responsabilité dans les laboratoires mixtes de recherche* », « *concentrer une partie importante de son effort de recherche sur quelques grands secteurs* » (2).

Et si tout cela n'avait que pour but d'explicitier cette phrase anodine : « *Vous prendrez toutes les dispositions nécessaires pour encourager l'effort de recherche et d'innovation dans les entreprises, notamment dans les PME* » ? Le budget 2008 nous le dira. ■

Henri Audier

### → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Audier, H., Bouillon, F. Sarkozy de S à Y : une vision étroitement utilitariste. *VRS : La Vie de la recherche scientifique*, juin 2007, n° 369, p. 6-7.
2. « *La santé, Internet et l'ensemble des technologies de l'information et de la communication, les nanotechnologies, l'énergie et le développement durable.* »

# Propositions pour les «jeunes chercheurs»

En même temps que la préparation de la loi, la ministre de la Recherche, Valérie Pécresse, avait annoncé le lancement de cinq chantiers (1) destinés à préparer les mesures qui doivent l'accompagner. Ces chantiers ont été mis en place avant même le vote de la loi, avec l'exigence de se conclure avant la fin de l'année.

JEAN-LUC MAZET

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DU SNCS-FSU.

Le chantier ministériel intitulé «statut des jeunes chercheurs et des enseignants-chercheurs» inclut la question des carrières. Cette approche témoigne de la volonté gouvernementale de confondre les deux métiers. Une originalité de notre pays est de disposer d'un corps de chercheurs à plein temps (2). À l'opposé, le temps de recherche des enseignants-chercheurs a été dévoré par les exigences de la démocratisation de l'enseignement supérieur. Sous prétexte de permettre aux enseignants de récupérer du temps pour la recherche, sans y mettre les moyens nécessaires, le gouvernement souhaite accroître les tâches d'enseignement des chercheurs. Devant la difficulté d'attaquer directement leur statut, il a ouvert aux présidents d'université la possibilité de recruter des chercheurs et de définir leurs obligations de services. L'absence de créations de postes de

chercheur au budget pourrait alors présager la réduction du nombre de chercheurs dans les organismes.

Placé sous la responsabilité du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT), le chantier «jeunes chercheurs» s'articule autour de trois axes :

- Formation doctorale (durée, pluridisciplinarité, financement, liens avec les entreprises) ;
- Valorisation du titre de docteur, hors secteur académique ;
- Recrutement et carrières.

Sur chacune de ces questions, le CSRT a reçu successivement tous les partenaires impliqués dans l'enseignement supérieur et la recherche. Le SNCS a défendu ses propositions au cours d'une audition tenue à la fin du mois de juillet.

## La thèse, véritable activité de recherche

La préparation de la

thèse est une véritable activité de recherche. À ce titre, les doctorants ont droit à un salaire au minimum 50 % au-dessus du SMIC.

La formation doctorale est placée sous la responsabilité des universités. Sa qualité requiert que le travail de recherche soit conduit dans des laboratoires reconnus nationalement. La nécessité d'un travail pluridisciplinaire exige que l'éventail des laboratoires d'accueil associés à une école doctorale dépasse largement les limites d'un site géographique.

La soutenance de la thèse sanctionne l'aptitude à participer au développement des connaissances, capacité attestée par leur diffusion. Elle correspond à un cycle de trois à quatre ans, à l'issue duquel un docteur est un chercheur qualifié, comme l'affirme la Charte européenne du chercheur (3). L'exigence de «stages postdoctoraux» avant recrutement – surtout



dans les sciences de la vie – relève d'un véritable contresens sur le rôle des échanges scientifiques car ces derniers sont inhérents à l'activité de développement des connaissances.

### Valorisation des métiers de la recherche

La valorisation du titre de docteur passe par la reconnaissance officielle d'une qualification correspondant à un niveau minimum de formation de «Bac + 8». C'est le sens de notre demande de reconnaissance du diplôme de doctorat, non seulement dans les carrières académiques mais aussi dans les autres domaines publics – administration – ou dans le privé – conventions collectives.

Cette valorisation passe aussi par celle de la recherche et de l'enseignement supérieur. Elle implique un effort national dont la mesure est donnée par l'objectif de porter de 2,1 à 3 % la part du produit intérieur brut. C'est quinze mille docteurs que notre pays doit former chaque année, au lieu de dix mille actuellement.

Plusieurs rapports sur la recherche en France soulignent l'importance du retard de la recherche privée. Il est naturel que la puissance publique participe au rattrapage de ce retard, mais cela ne peut aller sans une politique volontariste. Le «crédit d'impôt recherche» doit être associé à l'obligation d'embaucher des docteurs car les cadres formés par la recherche sont les mieux placés pour assurer le transfert des connaissances.

### Une vision à long terme

La liberté et l'indépendance des chercheurs et des enseignants-chercheurs demeurent la condition du développement sur le long terme d'une société de la connaissance. C'est le sens que nous donnons à une politique de recrutement jeune sur des postes de titulaire.

Bien sûr, un plan pluriannuel pour l'emploi scientifique pourrait répondre à cette exigence. En son absence, l'existence d'un quota de postes réservés à des recrutements au plus six

ans après le diplôme de master doit être préservée.

Dans aucun cycle universitaire, l'enseignement supérieur ne peut être déconnecté de la recherche. Pour maintenir ce lien, les jeunes enseignants-chercheurs – pour qui la préparation des cours est lourde en début de carrière – doivent pouvoir être déchargés de la moitié de leur enseignement.

Au cours de la carrière, des échanges entre chercheurs et enseignants-chercheurs doivent être aménagés par l'ouverture de postes d'accueil réciproques.

L'amélioration des carrières est une nécessité pour attirer les étudiants vers les métiers de la recherche. Cette amélioration ne passe pas par des primes au «mérite» – négation même de la collaboration scientifique – mais par une augmentation des possibilités de promotion fondées sur une évaluation contradictoire – par des pairs élus – de l'activité scientifique. ■

Jean-Luc Mazet

### → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Conditions de vie des étudiants, carrières des personnels de l'université, conditions d'exercice des missions d'enseignement et de recherche, statut des jeunes chercheurs et des enseignants-chercheurs, réussite en licence.
2. Les chercheurs sont recrutés par un concours national et leur activité scientifique est régulièrement évaluée par des commissions de pairs élus.
3. [ec.europa.eu/eracareers/pdf/eur\\_21620\\_en-fr.pdf](http://ec.europa.eu/eracareers/pdf/eur_21620_en-fr.pdf)

# Le crédit d'impôt recherche

**Parmi les différents leviers stimulant la recherche en entreprise, le crédit d'impôt recherche (CIR) a les faveurs du gouvernement. Ses retombées économiques n'ont jamais été évaluées sérieusement et le résultat d'une récente étude sur le sujet est fortement contestable.**

JACQUES FOSSEY

DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS, MEMBRE DU BUREAU NATIONAL DU SNCS.

Depuis de nombreuses années, nous savons que la faiblesse de la recherche française vient des entreprises. Celles-ci n'investissent pas suffisamment en recherche et développement (R&D). En 2005, l'effort de recherche (1) s'élevait à 36 Md€ (2), soit 2,11 % du PIB (3). La partie publique était de 17 Md€ soit 0,98 % du PIB et celle du privé de 19 Md€ soit 1,13 %. Mais alors que le financement public représente depuis des années 1 % du PIB, celui des entreprises a diminué de 1,26 % du PIB en 2001 à 1,13 % en 2005.

Pour relancer la recherche dans le secteur privé, on dispose de deux types d'interventions fondamentalement différentes : les aides directes (subventions ou avances remboursables) et les incitations fiscales dont le CIR est le plus connu et le plus important. Les aides directes

impliquent une négociation préalable entre l'administration et l'entreprise. Cela permet d'orienter les soutiens financiers selon la politique scientifique du gouvernement. Ces aides sont distribuées par différents canaux : agences de financement (4), pôles de compétitivité, etc. Avec le CIR, le gouvernement n'agit pas sur les orientations de la recherche initiée dans les entreprises, mais lui apporte un soutien global. Ce mode d'intervention d'inspiration libérale a, bien entendu, la faveur du MEDEF et des chefs d'entreprise. Mais pour bien comprendre les enjeux, il faut bien apprécier les caractéristiques du CIR.

Le crédit d'impôt recherche a été mis en place en 1983, par un gouvernement de gauche. Son principal objectif était de soutenir, développer et fixer une activité de recherche

dans les PME et PMI. Pendant 20 ans, le CIR était égal à 50 % de l'accroissement annuel des dépenses de R&D d'une société avec un plafond de 6,1 M€ (5). En 2004, un changement radical a été apporté en appliquant le CIR à l'ensemble des dépenses engagées et non plus seulement à leur accroissement. Désormais, 5 % de ces dépenses ouvrait droit au CIR, le plafond étant porté à 8 M€. En 2006, on passe de 5 à 10 %. Le plafond est fixé à 10 M€ puis à 16 M€ en 2007. Pour la loi de finances de 2008, le gouvernement envisage de totalement débrider le CIR. L'aide fiscale est portée à 30 % de toutes les dépenses de R&D plafonnées à 100 M€. Au-delà, le crédit d'impôt sera de 5 %. Pour les entreprises bénéficiant pour la première fois du CIR, le taux sera de 50 %.



Dans ces conditions, le cadeau fiscal aux entreprises a doublé en 2004 (890 M€) – entre 1996 et 2003, il se situait aux alentours de 480 M€. Il devrait être de 1,2 Md€ en 2005 et, selon la ministre de l'Économie, se stabiliser autour de 2,7 Md€ en 2012.

La masse salariale - chercheurs, techniciens et jeunes docteurs - représente 40 % des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt. Le fonctionnement intervient pour 30 %, et la sous-traitance vers des organismes agréés pour 22 %. Les 8 % restant incluent, notamment, la prise et maintenance de brevets ainsi que la veille technologique. Remarquons que l'embauche de jeunes docteurs est effectivement marginale (0,2 % du CIR). Notons que les dépenses de recherche confiées aux organismes de recherche publics, aux universités ainsi que les salaires

des jeunes docteurs sont retenus pour le double de leur montant. Il y a là une incitation à renforcer ces dépenses. Pour l'anecdote, signalons que les dépenses liées à l'élaboration des collections et des défilés de mode sont considérées comme de la R&D puisqu'elles entrent dans l'assiette du CIR.

La répartition du CIR par secteur d'activité est aussi surprenante : arrive en tête le conseil et assistance aux entreprises (17 % du CIR) juste devant le secteur des industries électrique et électronique (16 %), la pharmacie et la chimie (15 %), les industries aéronautique, navale, ferroviaire, automobile et mécanique (14 %), un secteur qui s'intitule recherche et développement (9 %), le conseil et assistance en informatique (8 %), etc. L'énoncé de cette liste montre que le crédit d'impôt recherche doit être un

effet d'aubaine dans un certain nombre de secteurs.

Dans son rapport annuel pour 2007, la Cour des comptes signale le manque d'évaluations sérieuses sur les retombées économiques du crédit d'impôt recherche. En effet, une récente étude, commandée par le ministère de la Recherche, conclut qu'un euro de CIR générerait 2,41 euros d'investissement privé supplémentaire pour la recherche. Ce résultat est surprenant car l'accroissement de 410 M€ du CIR, entre 2003 et 2004, aurait dû entraîner un milliard d'euros supplémentaires de dépenses privées. Mais ce n'est pas le cas : pour cette même période, la dépense privée pour la R&D des entreprises (DNRDE) ne s'est accrue que de 326 M€. L'effet serait-il négatif ? ■

Jacques Fossey

## → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Celui-ci est donné par la DNRD (dépense nationale de recherche et développement) qui est elle-même répartie entre la DNRDA (dépense nationale de recherche et développement de l'administration) pour le financement public et la DNRDE (dépense nationale de recherche et développement des entreprises) pour le financement privé.

2. Milliard d'euros.

3. Produit intérieur brut.

4. AII (Agence de l'innovation industrielle), Oséo-ANVAR (Agence nationale de valorisation de la recherche), ANR (Agence nationale de la recherche).

5. Million d'euros.

# La jeune entreprise universitaire capitalise sur la marchandisation de l'éducation

La jeune entreprise universitaire bénéficiant des exonérations du statut de jeune entreprise innovante dessine la carte de la marchandisation des « biens » et des « produits » de l'université.

FRANÇOIS BOUILLON

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE PHILOSOPHIE, MEMBRE DU BUREAU NATIONAL DU SNESUP.

*Je ferai de toutes les universités des zones franches ; les étudiants qui créeront une entreprise sur leur campus ne paieront pas d'impôt pendant cinq ans*» déclarait, le 24 avril 2007, le candidat Nicolas Sarkozy dans *Le Monde*. Fin août, le Premier ministre, François Fillon, et la ministre de l'Économie, des Finances et de l'Emploi, Christine Lagarde, sont chargés de mettre l'idée en musique. Le concept, c'est celui de « jeune entreprise universitaire » (JEU). Son contenu : le statut « jeune entreprise innovante » (JEI). Toute entreprise existante au 1<sup>er</sup> janvier 2004 ou créée entre cette date et le 31 décembre 2013 doit répondre à cinq conditions pour prétendre à ce statut :

- Avoir moins de 8 ans d'existence ;
- Être réellement

nouvelle ;

- Employer moins de 250 personnes ;
- Réaliser un chiffre d'affaires inférieur à 40 millions d'euros ;
- Engager des dépenses de recherche représentant au moins 15 % des charges totales.

Cette cinquième disposition concernant particulièrement les JEU précise qu'il s'agit de certaines dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt recherche : recherches fondamentales ou appliquées, R&D...

Dans l'état actuel des textes, ce statut de JEI ne permet pas aux JEU de bénéficier de la totalité des exonérations d'impôts promises par le candidat à la présidence de la République. En effet, l'exonération totale d'impôt sur le revenu ou d'impôt sur les sociétés ne s'applique que pendant les trois premières années d'exercice

– puis exonération partielle pendant les deux années suivantes.

À cela s'ajoutent cependant des avantages fiscaux sous formes d'allègements de charges sociales patronales et d'exonérations d'imposition forfaitaire annuelle, d'imposition sur les plus-values de cession des titres de la JEI et, pendant 7 ans, de taxe foncière et/ou professionnelle sur des décisions des collectivités locales concernées.

Compte tenu de ces avantages, les JEU constituent vraiment des zones très franches. À ce titre, leur création représente la pointe la plus avancée de la logique de la loi « Libertés et responsabilités » : elle dessine la carte de la marchandisation des « biens » et des « produits » de l'université. ■

François Bouillon





# Energie

**Produire et économiser**

Au-delà de ses aspects scientifiques et techniques, la question de l'énergie touche au tréfonds des inquiétudes fondamentales de l'être humain : demain, aurons-nous assez de pétrole, de gaz, d'électricité pour nous déplacer, nous chauffer, nous éclairer ? Pouvons-nous continuer à consommer ces énergies sur la même lancée ? Est-il souhaitable et possible de réorienter profondément nos modes de consommation ? Existe-t-il des énergies réellement alternatives aux énergies fossiles et au nucléaire ? De nouvelles découvertes sont-elles envisageables ? Quelle Terre et quelles conditions de vie allons-nous ou devons-nous laisser aux générations futures ?

Les réponses souvent complexes ne sont pas dénuées de contradictions. D'autant qu'en elle-même, l'étude de l'énergie n'est constituée ni par une discipline scientifique, ni par une technologie unique et identifiée, ni d'ailleurs comme un secteur économique à part entière. C'est par nature un objet de recherches interdisciplinaires et pluridisciplinaires.

Par-delà le consensus des auteurs sur la responsabilité de l'homme dans le réchauffement climatique, ce dossier s'efforce d'éclairer certaines facettes de cette complexité sans pour autant cacher les oppositions sur des points essentiels comme le nucléaire.

François Bouillon

# Énergie et climat

**« Le réchauffement du système climatique est sans équivoque » constate le GIEC dans son dernier rapport publié en 2007. Il estime que ce réchauffement a plus de neuf chances sur dix d'être dû aux activités humaines. Limiter l'impact de ce réchauffement passe par la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> principal responsable de l'effet de serre.**

**JEAN JOUZEL**

DIRECTEUR DE RECHERCHES AU CEA, DIRECTEUR DE L'INSTITUT PIERRE SIMON LAPLACE, MEMBRE DU BUREAU DU GIEC.

**E**n ces temps de Grenelle de l'environnement, dont le premier groupe s'intitule « Lutter contre les changements climatiques et maîtriser l'énergie », probablement n'est-il pas besoin de rappeler l'intimité du lien entre « Énergie et climat » ? Mais puisque l'on m'y invite, je le fais avec plaisir. Et avec cette idée de redire que si notre communauté scientifique met l'accent sur le rôle du dioxyde de carbone, le CO<sub>2</sub>, ce n'est pas pour culpabiliser notre utilisation du pétrole, du charbon, du gaz naturel, ou la déforestation massive dans certaines régions, mais bien parce que ce CO<sub>2</sub> est au cœur du problème posé par l'augmentation de l'effet de serre liée aux activités humaines. Dans son dernier rapport publié en 2007, le diagnostic apporté par les différents groupes de travail du GIEC est sans appel (1).

## Un diagnostic sans appel

Première certitude, cet effet de serre lié aux activités humaines continue à augmenter, pour plus de 60 % à cause du CO<sub>2</sub>. Les émissions de CO<sub>2</sub> se sont d'ailleurs notablement accrues, de 11 % lorsque l'on compare les six dernières

années à la décennie 1990. Qui plus est, 2005 a été l'année de tous les records avec des émissions en augmentation de 28 % par rapport à 1990. Avec pour conséquence, un rythme d'augmentation des concentrations de ce gaz dans l'atmosphère plus important qu'il n'a jamais été depuis 1960. En augmentation de 35 % depuis le début de l'ère industrielle, les concentrations actuelles dépassent, de loin, celles qui ont été observées (2) au cours des 650 000 dernières années.

Deuxième certitude, le climat se réchauffe avec un diagnostic sans ambiguïté : « *le réchauffement du système climatique est sans équivoque* ». Onze des douze dernières années ont été plus chaudes que toutes celles qui les ont précédées depuis 1850. Au-delà de cette constatation, toutes les observations disponibles, ou presque, témoignent de ce réchauffement : l'océan se réchauffe et se dilate provoquant une élévation du niveau de la mer, les surfaces maximales enneigées diminuent, et glace de mer et glaciers sont également affectés. À l'échelle globale, l'essentiel du réchauffement observé depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle a plus

de neuf chances sur dix d'être dû aux activités humaines. De « on ne sait pas » en 1990, à « peut-être » en 1995, « vraisemblablement » soit plus de deux chances sur trois en 2001, les scientifiques du GIEC (3) sont devenus très affirmatifs vis-à-vis de notre responsabilité dans le réchauffement des dernières décennies.

Les projections – réalisées grâce à des modèles et en considérant un ensemble de scénarios plus ou moins émetteurs de gaz à effet de serre – conduisent à une fourchette de réchauffement très large de 1,1 à 6,4 °C en moyenne globale. Mais nous avons désormais une bonne confiance dans les valeurs centrales correspondant à ces différents scénarios, comprises entre 1,8 et 4 °C. Il est utile de rappeler qu'un réchauffement de 3 °C en un siècle est synonyme de changement climatique majeur. Cela correspond à la moitié du réchauffement observé mais cette fois sur des milliers d'années, entre le dernier maximum glaciaire et le climat actuel. On peut également accorder une bonne confiance aux projections concernant d'autres variables climatiques : augmentation des précipitations aux hautes latitudes, diminution dans les régions subtropicales, modification des vents, intensification vraisemblable des cyclones tropicaux, vagues de chaleur, fortes précipitations, contraction de la couverture neigeuse, diminution des glaces de mer, irréversible élévation du niveau de la mer... tel serait, si nous n'y prenons garde, notre monde à la fin du siècle puis au-delà.

Aucun de ces scénarios ne conduit à une stabilisation de l'effet de serre et pourtant, éviter un tel bouleversement climatique requiert impérativement que l'effet de serre cesse d'augmenter. Nos instances politiques l'ont, d'une cer-





taine façon, compris, en mettant sur pied, lors du Sommet de la Terre de Rio, la Convention climat dont l'objectif ultime est de stabiliser les concentrations des gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

### Un défi planétaire

Cet objectif est un véritable défi planétaire, au cœur duquel nous retrouvons le dioxyde de carbone et notre utilisation de combustibles fossiles car une fois émis dans l'at-

mosphère, le CO<sub>2</sub> y reste longtemps – ce qui n'est pas le cas par exemple pour le méthane, second contributeur des activités humaines à l'augmentation de l'effet de serre. Résultat, la stabilisation de l'effet de serre passe par celle de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Pour cela, simple question de bon sens, il ne faut pas que les émissions de CO<sub>2</sub> dépassent ce qui est absorbé par la végétation et les océans. C'est d'autant plus difficile que ces puits de CO<sub>2</sub> auront plutôt tendance à s'essouffler dans les décennies à venir...

Quelle est l'ampleur du défi ?

Le GIEC fournit des éléments de réponse.

L'effort dépend

évidemment du réchauffement que nous sommes prêts à engager pour les générations à venir, avec l'espoir, un peu égoïste, que celles-ci pourront s'y adapter. C'est oublier, un peu vite, que nombre de régions – certaines parmi les plus pauvres de la planète – sont déjà vulnérables au réchauffement qui se met en route.

L'Europe affiche une politique volontariste avec l'objectif que le réchauffement n'excède jamais 2°C par rapport au climat de la période préindustrielle. Mission presque impossible d'après le GIEC car elle requiert que les émissions de CO<sub>2</sub> soient rapidement en diminution. Limiter le réchauffement à 2°C par rapport au climat actuel est plus réaliste, mais exige néanmoins qu'en 2050 ces émissions soient de 30 à 60 % inférieures à celles de 2000. On retrouve le fameux 50 % qui était au centre des récentes discussions du G8.

Reconnaissons à nos politiques d'avoir pris conscience de ce problème puisque la loi sur l'énergie de 2005 stipule que la France «soutient la définition d'un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050, ce qui nécessite, compte tenu des différences de consommation entre pays, une division par quatre ou cinq de ces émissions pour les pays développés». Cette prise de conscience – qui peut se révéler une opportunité pour l'avenir de notre pays – n'enlève rien à la difficulté de cette division par quatre mais elle en était un préalable. ■

Jean Jouzel

### → NOTES/RÉFÉRENCES

JOUZEL, J., DEBROISE, A. *Climat : jeu dangereux*. Paris : Dunod, 2007. ISBN 2-100-50987-X.

1. Les différents rapports scientifiques du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat) sont consultables à l'adresse ci-dessous : [www.ipcc.ch/languageportal/frenchportal.htm](http://www.ipcc.ch/languageportal/frenchportal.htm)

2. Grâce à l'analyse de l'air emprisonné dans les glaces polaires.

3. En s'appuyant sur l'acquisition de données nouvelles et l'amélioration considérable des modèles climatiques.



# Le Haut Conseil de la science préconise la création d'un projet énergie

Dans un avis remis au président de la République en avril 2007, le Haut Conseil de la science et de la technologie recommande de « *créer un véritable projet énergie* » fédérateur de toutes les forces scientifiques, institutionnelles et citoyennes.

HENRI AUDIER<sup>1</sup>, FRANÇOIS BOUILLON<sup>2</sup>

1. DIRECTEUR DE RECHERCHE ÉMÉRITE AU CNRS, MEMBRE DU BUREAU NATIONAL DU SNCS.

2. PROFESSEUR AGRÉGÉ DE PHILOSOPHIE, MEMBRE DU BUREAU NATIONAL DU SNESUP.

Créé par la loi de programme pour la recherche du 18 avril 2006, le Haut Conseil de la science et de la technologie (HCST) a pour mission de mettre en cohérence la politique nationale de la recherche et de contribuer à la rénovation du système français de recherche. Composé uniquement de nommés, il a remis, début avril 2007, un avis au président de la République sur l'effort scientifique et technologique de la France en matière énergétique (1). Ce texte court comporte quatre aspects principaux : le rappel du contexte législatif, la méthode employée, les jugements sur les contenus de recherche et l'organisation de la recherche et les propositions.

## Le contexte législatif

Cet avis voit le jour alors que trois lois sur les questions énergétiques ont été promulguées en France en 2005 et 2006. Leur priorité est la maîtrise de la demande d'énergie afin d'atteindre des objectifs de réduction de cette demande. Le HCST s'inscrit dans cette perspective et préconise le développement des recherches, des mesures techniques de réduction

de la consommation d'énergie, des changements organisationnels et comportementaux ainsi que la restructuration globale des programmes de recherche et des modes d'utilisation d'instruments comme les certificats d'économie d'énergie.

## La méthode employée

Outre l'analyse de documents, l'instruction du dossier qui a présidé à l'avis a reposé sur trente-cinq entretiens d'une heure trente à deux heures, avec divers acteurs : parlementaires, producteurs d'énergie, agences et organismes de recherche, industriels du bâtiment et des transports, associations.

## Les jugements

Le HCST juge qu'il faut, en premier lieu, maintenir au meilleur niveau les technologies nucléaires grâce notamment à la poursuite des recherches sur les technologies EPR. Puis il affirme que dans le cadre d'une politique de l'environnement focalisée sur la réduction de l'effet de serre, les recherches sur les énergies alternatives et renouvelables sont absolument nécessaires. Il recommande, en

particulier, l'essor des travaux sur la séquestration du CO<sub>2</sub>. « *Quant à ITER, si ce grand équipement représente un superbe outil de recherche pour la maîtrise de la fusion nucléaire, il est illusoire de penser qu'il peut apporter une solution aux problèmes énergétiques à un terme prévisible* » précise le rapport. Enfin, le Conseil constate une insuffisance des recherches en sciences et humaines et sociales : évolution des mentalités, émergence de nouvelles valeurs, acceptabilité des technologies, utilisation de l'énergie, adaptation au changement climatique...

Les jugements sur l'organisation de la recherche dans le domaine de l'énergie portent sur l'idée de fragmentation, d'empilement des structures, d'absence de coordination ou de cohérence, la multiplicité d'opérateurs et de sources de financements publics. Ils soulignent une structuration budgétaire fragmentée imputable à la LOLF, un déficit d'interfaces entre public-privé, et surtout au niveau des PME et un manque de concertation entre les programmes de recherche liés aux secteurs de l'habitat et des transports.

### Les propositions

Elles se veulent une réponse au diagnostic qu'il porte tant sur les contenus de recherche que sur l'organisation et les structures de la recherche. Pour l'essentiel, le Haut Conseil recommande une révision profonde de l'organisation et du système de financement public de la recherche et de l'innovation et de créer un véritable projet fédérateur « énergie ». Il préconise en particulier de mieux préciser les tâches des divers organismes et de supprimer ceux qui font double emploi. En matière de financement, il propose que les questions énergétiques soient regroupées au sein de la LOLF dans un ou deux programmes au maximum. Et pour la mise en place du « grand projet énergie », il recommande de créer, au plus tôt, une instance de réflexion et de prospective intégrée c'est-à-dire une instance de recherche sur le projet lui-même ! Puis de la placer auprès d'une « Assemblée constituante » pour le grand projet national « Énergie » rassemblant les principaux acteurs du champ concerné – puissance publique, pouvoir politique, entreprises, ONG, etc. Cette

instance sera placée auprès du Premier ministre.

### Les limites de l'avis

La proposition d'« un véritable projet énergie » fédérateur de toutes les forces scientifiques, institutionnelles et citoyennes (2) et les analyses concernant la faiblesse des recherches dans certains domaines (3) et l'obstacle que représente la LOLF en matière de cohérence de la politique scientifique constituent les points forts de cet avis.

Pour certains constats établis à partir de jugements à l'emporte-pièce, le HCST ne donne pas les éléments qui pourraient les étayer, ainsi : « *La plupart des grands organismes de recherche ont une légitimité à intervenir de façon parfois incontestable : c'est le cas du CEA s'agissant du nucléaire ou de l'INRA pour ce qui est des biocarburants de première génération ou*

*de la transformation enzymatique de la biomasse. Souvent, toutefois, l'implication apparaît plus opportuniste que conforme à la vocation de l'organisme. Ainsi, la physique nucléaire du CNRS s'est massivement réorientée vers le traitement des déchets nucléaires, tandis que le CEA s'intéresse à la gazéification de la biomasse.* »

Outre l'impasse sur les moyens financiers à mettre en œuvre, le HCST tombe dans la fascination, commune à ce genre d'exercice, de la magie structurelle : l'« assemblée constituante » auprès du Premier ministre comme *nec plus ultra* des solutions.

Enfin, il évoque de manière lapidaire les atouts et les « ressources humaines de grande qualité » dont dispose notre pays en ce domaine de recherches sans réaliser le relevé et la cartographie. Reste que l'on peut partager le sens général de la brève conclusion : l'urgence à agir pour la Terre, pour les hommes, pour impulser les recherches nécessaires et leur donner les moyens de se développer dans la diversité des approches. ■

Henri Audier,  
François Bouillon



### → NOTES/RÉFÉRENCES

1. [www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/conseil/hcst/avisenergie.pdf](http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/conseil/hcst/avisenergie.pdf)
2. Compte tenu du caractère profondément interdisciplinaire du domaine, cette proposition paraît justifiée.
3. Comme les énergies alternatives, la technologie photovoltaïque ou la séquestration du CO<sub>2</sub>.



# « Le marché ne peut tenir lieu de politique industrielle »

**Responsable syndical à la Fédération des mines et de l'énergie CGT, Michel Séguy s'occupe, en particulier, des questions de recherche.**

MICHEL SÉGUY

## Comment définir une politique énergétique à l'échelle de notre pays face aux défis mondiaux posés par l'énergie ?

→ Michel Séguy : Les liens clairement établis entre mode de production, de consommation d'énergie et environnement confèrent aux choix de la politique énergétique de chaque pays une dimension globale. Des décisions urgentes s'imposent pour que la production et la consommation d'énergie soient rapidement moins consommatrices de CO<sub>2</sub>. Or, la logique marchande, imposée à marche forcée dans le secteur de l'énergie, s'avère incapable de répondre aux défis actuels et futurs de l'énergie : la raréfaction des ressources fossiles ; leur utilisation maîtrisée pour lutter contre l'effet de serre ; les besoins énergétiques des populations, notamment en termes de proximité. Il est grand temps que la France et l'Europe modifient de façon fondamentale les orientations libérales qu'elles ont prises en matière énergétique qui ne conduisent qu'à renchérir le prix de l'énergie (pour plus de profits) sans résoudre les problèmes de fond. Les débats et mobilisations syndicales – à l'occasion de la transformation d'EDF et GDF en société anonyme, du projet de privatisation de GDF – ont posé ces questions au grand jour. Ils ont fait grandir l'exigence d'au-

tres orientations nationales et européennes pour répondre à ces défis.

## L'opinion publique soutient-elle ce mouvement ?

→ Ce mouvement se trouve aujourd'hui soutenu dans des formes diversifiées par de plus en plus d'élus de la Nation, des associations d'usagers, les usagers eux-mêmes. Il demande encore à s'amplifier. Les dernières enquêtes d'opinion en attestent : les citoyens aspirent à ce que l'énergie – bien de première nécessité – échappe à une stricte logique marchande et soit gérée dans le cadre d'une logique d'intérêt général. Cela suppose la pleine maîtrise publique de ce secteur vital de l'économie. Les politiques, conduites depuis cinq ans, qui ont mis à mal les outils publics de l'énergie, n'ont rien d'irréversible. EDF et GDF demeurent des entreprises à capitaux publics largement majoritaires. Grâce à la mobilisation des salariés, la privatisation de Gaz de France, aujourd'hui inscrite dans la loi de 2006, n'est non seulement pas effective mais reste largement contestée – jusqu'à certains élus de la majorité actuelle. La conscience de plus en plus large que les tarifs ne peuvent que pâtir – comme cela a été maintes fois démontré – du processus en cours demeure un obstacle de plus à la spoliation annon-

cée du bien public de l'énergie. Le Conseil constitutionnel a dû le reconnaître : il y a une cohérence entre maîtrise publique et tarifs publics. Malheureusement, il a choisi de mettre en cause les tarifs publics pour autoriser la privatisation de Gaz de France plutôt que de l'interdire pour sauvegarder les tarifs publics ! Ce choix peut être inversé !

## Dans un marché dérégulé de l'énergie, la fusion Gaz de France-Suez peut-elle être évitée ?

→ Il appartient à la France de décider de l'avenir des outils de sa politique énergétique. La fusion Suez Gaz de France doit être abandonnée. Un pôle public de l'énergie dont la base serait constituée d'EDF et GDF (aux synergies évidentes) est indispensable à notre pays. À ce pôle pourraient s'associer toutes les entreprises – publiques et privées – du secteur telles qu'AREVA, afin que réellement une autre politique énergétique voie le jour. Par son exemplarité en la matière, notre pays pourrait agir dans les instances européennes et internationales afin de démontrer que « d'autres choix » sont possibles et réalisables.

## Quel rôle peut jouer l'Europe ?

→ Les défis énergétiques néces-



sitent un rôle plus affirmé de l'Europe qui doit revoir profondément l'approche ultralibérale qui prévaut aujourd'hui dans l'élaboration de directives de déréglementation des services publics. L'échec du processus de libéralisation de l'électricité et du gaz en matière de prix, de sécurité d'approvisionnement et de respect des engagements de Kyoto pousse aujourd'hui l'Union européenne – coincée entre dogme libéral et exigences environnementales et de sécurité – à réfléchir, enfin, à une politique énergétique européenne. Les récentes propositions de l'Union pour définir des mesures concertées visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> afin de limiter le réchauffement climatique vont dans le bon sens. Malheureusement, ce bon sens est contredit par les orientations ultra-

libérales que la commission souhaite poursuivre. Ainsi, elle entend porter le coup de grâce aux tarifs publics en inscrivant noir sur blanc l'incompatibilité entre tarifs publics et ouverture à la concurrence. Cela constituerait un véritable séisme pour les consommateurs qui verraient leurs factures d'électricité et de gaz rejoindre le niveau exorbitant atteint par les prix sur les bourses européennes (+ 70 % pour l'électricité). Face aux réactions de certains pays membres dont la France et l'Allemagne – gênées par l'impopularité de la mesure –, la Commission européenne vient de nuancer son offensive. Mais l'obsession de la réalisation d'un marché au plan européen – multipliant les lignes à très haute tension, des « autoroutes de l'énergie », pour permettre une « concurrence effec-

tive » à cette échelle – entre en contradiction avec l'idée même d'une politique énergétique et industrielle. A-t-on déjà vu la constitution d'un marché dans quelque domaine que ce soit tenir lieu de politique industrielle ? Une nouvelle conception doit donc prévaloir.

#### **Avez-vous des propositions ?**

→ La CGT se prononce pour une politique européenne de l'énergie sous pilotage d'une agence européenne de l'énergie. Celle-ci aurait en charge, notamment, un rôle d'impulsion et de coordination scientifique, industrielle, financière... permettant – par la mise au point et la promotion de techniques innovantes – de contribuer à résoudre les problèmes environnementaux posés. Dans le même temps, cette agence veillerait à ce que les choix

&gt;&gt;&gt;

» des pays de l'union en matière énergétique permettent la satisfaction des besoins tout en garantissant la sécurité des approvisionnements énergétiques – notamment pour le gaz.

### Quelle place pour le nucléaire ?

→ Tout en appelant à une diversification plus grande du « bouquet énergétique », il faut défendre des choix historiques s'inscrivant dans l'objectif du développement durable et s'appuyant sur les atouts de notre pays. Avec son parc nucléaire et hydroélectrique, la France dispose d'une capacité de production d'électricité rejetant 60 % de CO<sub>2</sub> de moins que la moyenne des pays européens. L'effort pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> à l'échelle européenne doit s'appuyer sur cet acquis et non le remettre en cause. C'est le sens du texte sur le nucléaire récemment publié par la Commission européenne.

### Faut-il développer le programme EPR ?

→ La poursuite et l'extension du programme EPR doit permettre le renouvellement du parc à une échéance compatible avec la durée de vie des centrales actuellement en service. Il place notre pays en situation de participer activement au développement d'une industrie nucléaire mondiale plus soucieuse encore de sûreté, de sécurité et de qualité. En regard des besoins énergétiques croissants, de la raréfaction et du renchérissement des ressources fossiles et du réchauffement climatique, cette industrie ne peut que se développer.

### De nouvelles recherches sont-elles souhaitables ?

→ Il faut développer les recherches pour mettre au point les réacteurs nucléaires de quatrième génération visant une réduction de la production de déchets et une utilisation plus complète des combustibles dans une logique de développement durable. Les recherches conduites pour gérer le cycle du combustible et assurer l'entreposage doivent être menées à bien conformément à la loi Bataille. Elles

exigent un financement pérenne de la part du producteur, une pleine maîtrise publique et une organisation industrielle adaptée ainsi qu'une gestion et un contrôle publics transparents et démocratiques.

### Avec quelles garanties pour l'exploitation du parc nucléaire ?

→ L'exploitation d'un parc nucléaire performant – atout essentiel du pays en matière d'indépendance énergétique et de compétitivité économique – impose de renforcer les garanties collectives des salariés travaillant dans de telles installations industrielles qu'ils soient agents exploitants ou agents de la sous-traitance. Cette exigence constitue un élément incontournable pour garantir et pérenniser le haut niveau de sûreté et de sécurité conféré au parc nucléaire français. Les dramatiques événements humains qui ont marqué et qui continuent de marquer l'actualité du monde industriel – notamment celui de l'énergie – rappellent, une nouvelle fois, le besoin d'une vigilance renforcée en ce domaine, non seulement des représentants du personnel de l'industrie, mais bien de tous les citoyens.

### D'autres sources d'énergie peuvent-elles être développées ?

→ Les caractéristiques et les enjeux de l'énergie sont tels qu'aucune source d'énergie ne saurait répondre seule aux problèmes posés. Non seulement l'efficacité énergétique doit être promue tout au long d'une chaîne qui va de la production d'énergie à son utilisation finale, mais la réponse aux besoins, aux exigences environnementales, économiques... impose que l'on travaille autrement que par le « marché » les complémentarités et synergies évidentes entre des énergies qui se stockent et d'autres qui ne se stockent pas.

### Quels besoins en matière de recherche ?

→ Énergies renouvelables, utilisation du charbon par des procédés réduisant fortement l'émission de CO<sub>2</sub>, stockage du CO<sub>2</sub> en couches

profondes, fusion nucléaire, applications innovantes dans le transport, nouveaux usages de l'énergie dans l'industrie, le tertiaire, l'habitat..., les champs d'investigation de la recherche sont aussi diversifiés que potentiellement prometteurs. Leur « investissement » – à une tout autre échelle que ce qui se fait – permettrait, non seulement, de trouver de nouvelles solutions aux questions évoquées mais aussi d'impulser de nouvelles filières industrielles, commerciales, éducatives... qui, en coopération avec un pôle public et une agence européenne de l'énergie, participeraient à la création de nouveaux emplois en nombre et en qualité.

### Les efforts de R&D sont-ils à la hauteur de ces besoins ?

→ La réduction des budgets de recherche des grands opérateurs publics tels qu'EDF ou GDF et la part modeste de l'investissement dans la recherche de groupes comme Total sont des faits significatifs d'une sous-estimation grossière des efforts nécessaires alors que ces trois groupes cotés au CAC 40 voient leurs profits exploser. Hier, EDF et GDF – établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC) – avaient entre autres objectifs de « façonner une politique énergétique nationale » conjuguant réponse aux besoins, projection dans le futur et construction de filières industrielles durables et performantes. Leurs services de recherche y contribuaient pour une large part. Au nom du marché et de la déréglementation, la recherche de ces entreprises a été transformée sur le principe énoncé par l'un de ses dirigeants : « *La recherche d'EDF n'a plus à faire la recherche de la Nation, elle doit désormais faire celle de l'entreprise!* » Face aux défis qui nous sont aujourd'hui posés, il nous faudra bien un jour chambouler cette orientation inapte. Avec un syndicalisme, que nous voulons rassemblé, nous nous battons pour que ce jour soit le plus proche possible. ■

Propos recueillis par  
Laurent Lefèvre



# Énergie, environnement et industrie

## Les promesses des bioénergies

**Malgré de bonnes connaissances techniques et scientifiques, la France prend du retard dans la valorisation de la biomasse. À moins d'un sursaut national, elle devra à nouveau acheter des technologies allemandes dès 2008.**

**GUILLAUME BOURTOURAU**

INGÉNIEUR CHIMISTE, CHARGÉ DE COURS À L'INSA DE ROUEN, CHARGÉ D'AFFAIRES CHEZ EDF ÉNERGIES NOUVELLES

**T**rès développées outre-Rhin, les bioénergies offrent, à un horizon proche, de bonnes perspectives en termes de rendement énergétique et de bilan CO<sub>2</sub>.

### Énergie biomasse ou bioénergie

La biomasse représente toute la matière non fossile issue du vivant, animal ou végétal. Le végétal croît naturellement grâce – essentiellement – à l'énergie solaire qu'il engrange sous forme chimique. L'animal transfère l'énergie chimique végétale dans ses molécules et tissus animaux. Produire de l'énergie à partir de biomasse, couramment appelée énergie biomasse ou bioénergie, consiste à extraire l'énergie solaire stockée dans les molécules du vivant et à la mettre à disposition sous une forme exploitable par l'homme. À ce titre, le feu de cheminée ou le barbecue constituent des outils de valorisation des bioénergies, de même que, par extension, le vélo et la charrie à bœufs. Polymorphe par nature et complexe par la diversité des acteurs qu'elle implique (1), la bio-

masse énergie offre une grande variété d'applications exigeant la mise en œuvre de nombreuses technologies. Elle suscite un intérêt important pour les solutions qu'elle apporte : aménagement du territoire, nouveaux débouchés locaux pour l'agriculture, revenus complémentaires pour des secteurs industriels en difficulté, gestion des déchets, dépollution des sols, indépendance énergétique, etc. Mais elle réveille également les réflexes malthusiens des uns – concurrence sur l'exploitation des terres avec les cultures alimentaires, ou sur la ressource forestière – et la défiance des autres – investisseurs et financiers – qui préfèrent miser sur l'éolien ou le solaire, pour lesquels les facteurs sociaux, techniques et économiques sont beaucoup plus simples à appréhender. Alors quel avenir pour les bioénergies ?

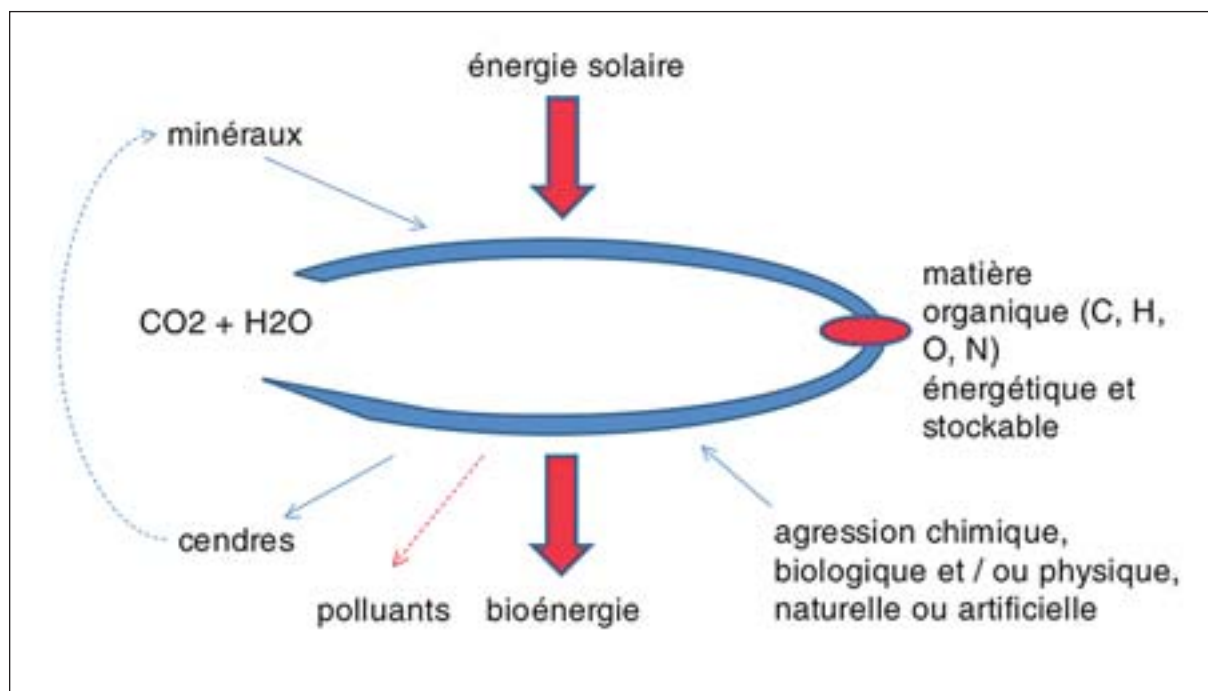
Valoriser énergétiquement la biomasse consiste à récupérer l'énergie libérée lors de sa dégradation en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O, éléments qu'elle avait absorbés pour se

constituer (cf. schéma). Mais les procédés usuels sont très loin du compte : la cheminée ouverte traditionnelle offre un rendement énergétique de 10 à 20 % et émet en France plus de dioxine que tous les incinérateurs d'ordures ménagères réunis, sans parler des gou-drons et autres particules cancérigènes. Pollution et rendement sont en fait liés : toute l'énergie chimique encore contenue dans les molécules de polluants relâchées dans l'environnement est perdue. Par ailleurs, et pour que les bio-énergies soient vraiment renouvelables, il faudrait que les cendres retournent au sol. Or cela ne peut pas toujours être le cas, comme par exemple pour les 50 % des ordures ménagères incinérées constitués de biomasses diverses. La valorisation énergétique de la biomasse exige donc des filières dédiées et pointues pour exprimer toutes ses vertus.

### Exploiter énergétiquement la biomasse

Mais alors pourquoi, me direz-

>>>



La valorisation de la biomasse

>>> vous, allez chercher ces tonnes de matière, les transporter sur des kilomètres et essayer d'en extraire une énergie solaire qu'elle n'a su capter qu'avec un rendement de 2 %, et cela avec des procédés complexes et onéreux ? Et vous avez raison : une cellule solaire transforme directement l'énergie solaire en électricité avec un rendement de plus de 10 %, sans collecte ni transport et selon un procédé infiniment plus simple. Il y a trois raisons à cela : la biomasse est stockable, utilisable dans de nombreux moyens de production existants et très largement disponible dans les régions les plus peuplées.

La biomasse stockable représente un vecteur énergétique intéressant. Depuis le fagot de bois de feu jusqu'à la graisse animale employée pour éclairer les « foyers » depuis des millénaires, la biomasse est collectée, transportée et stockée pour parer au manque d'énergie intermittente – lumière du jour – ou compléter des sources d'énergies moins concentrées – le vent et le soleil utilisés pour le séchage par exemple. Dans nos sociétés modernes, ces deux aspects restent encore d'une importance primordiale. Deux exemples : la production d'électricité et le chauffage à partir de biomasse.

La biomasse permettra en effet d'atteindre une part de production d'électricité renouvelable qui nous serait inaccessible avec le seul éolien ou même avec une combinaison du solaire et de l'éolien. Ces deux dernières sources demeurent soumises aux aléas météorologiques et nécessitent la mise en place de moyens de production de « secours » qui handicapent le bilan environnemental du système. La biomasse stockée peut, au contraire, produire de l'électricité à la demande. Le chauffage au bois du particulier sert également l'équilibre des réseaux électriques et gaziers : lors des pics de froid, les cheminées fonctionnent avec le bois stocké et réduisent la demande en électricité ou en gaz importé. En France chaque année, l'équivalent de plus de 7 millions de tonnes de pétrole sont ainsi substituées. Mais la biomasse est également utilisable dans les grandes centrales électriques : en Allemagne, des centrales à charbon de 250 mégawatts électriques brûlent des boues de station d'épuration issues de la fermentation des eaux usées. La fermentation a elle-même permis de produire un biogaz combustible utilisé pour faire tourner des moteurs actionnant des alternateurs connectés au réseau électrique. En

amont, les eaux usées ont d'abord été stabilisées et neutralisées chimiquement afin de permettre le développement des micro-organismes « fermenteurs ».

Mêlant les étapes chimiques, biologiques et thermiques, les chaînes de dégradation comme celle-ci représentent un exemple typique des filières industrielles à mettre en place pour extraire l'énergie de la biomasse. Sa complexité est compensée par le fait que tous les outils industriels existent et constituent des chaînes de procédés nécessaires par ailleurs. Toute une écologie industrielle s'implante, petit à petit, autour de la dégradation de la biomasse, cherchant à exploiter au mieux chaque degré d'énergie disponible dans la ressource. Après avoir fourni votre organisme en énergie noble (2), le plus fin de vos petits plats peut alors finir en fumée dans une centrale à charbon.

Mais ces grandes installations nécessitent une concentration de matière importante. Son transport s'effectue en l'occurrence par les réseaux d'eaux usées, avant qu'elle soit dégradée et concentrée en boue qui peut être acheminée par camion vers la centrale électrique. Nous touchons là l'une des principales limites de la biomasse : sa dis-

persion géographique, sa faible densité énergétique par rapport aux énergies fossiles concurrentes et son état solide qui en font un combustible onéreux à traiter industriellement. Deux solutions alternatives et complémentaires existent pour parer à cet inconvénient : utiliser la biomasse très localement à petite échelle ou la transformer en fluide facilement transportable et plus dense énergétiquement. La décentralisation de la production d'énergie représente une tendance lourde du secteur. Elle implique un bouleversement profond des techniques et des systèmes : rôle prépondérant des statistiques dans les programmes de production, conception d'unités de production modulaires sans nuisance pour leur environnement immédiat, renforcement des réseaux de transport et de distribution de l'énergie... Tandis que la pression démographique pèse sur les territoires, la rareté de l'énergie pousse à une exploitation efficace des ressources. Cela impose de valoriser les dernières calories issues de la dégradation de la biomasse pour se chauffer et donc d'implanter des unités de cogénération (3) à proximité directe des consommateurs de chaleur, industriels ou résidentiels. Ces contraintes convergent vers une « miniaturisation » de moyens de production qui doivent devenir invisibles dans un paysage à population dense. L'Allemagne a déjà favorisé le développement d'installations de cogénération pour l'habitat, comme des moteurs pouvant tourner à l'huile

de colza et fournir électricité et chauffage à une maison individuelle. Une société allemande a annoncé récemment la commercialisation d'un moteur stirling (4) alimenté par un foyer brûlant des granulés de bois et pouvant utiliser comme source froide le ballon d'eau chaude d'un pavillon... au modeste coût de 24 000 € pièce. Mais l'on se rapproche doucement du fantasme d'une machine domestique qui avalerait vos épluchures pour produire en retour électricité et chauffage...

### Les biocarburants

En attendant, une solution intermédiaire a été plébiscitée : produire de manière centralisée un vecteur énergétique concentré que vous pourrez brûler chez vous, au plus près du besoin. C'est la voie des biocarburants ou bio-combustibles liquides et gazeux, comme le biodiesel, le bioéthanol, le biométhane, etc. Utilisant des produits – maïs, blé, colza – et des procédés de conversion – pressage, fermentation, distillation – très proches des filières alimentaires, le biodiesel et le bioéthanol produits aujourd'hui présentent des performances environnementales et énergétiques médiocres. En revanche, les biocarburants de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> génération – qui sont basés sur la valorisation de déchets, résidus ou coproduits – s'avèrent très prometteurs. Ainsi, des filières mêlant attaques chimiques (hydrolyse, neutralisation), digestion biologique (fermentation méthanique ou alcoolique) et craquage ther-

mique (gazéification) pourront atteindre des rendements énergétiques de 50 % et un bilan CO<sub>2</sub> quatre fois supérieur. On produira alors, à la commande, éthanol, méthanol, hydrogène, méthane, diméthyl-éther, ou toute autre base chimique souhaitée.

Cet horizon, que d'aucuns en France prévoient pour 2020, est en fait très proche. Et les Allemands nous en montrent, une fois de plus, le chemin. À moins d'un sursaut national dans les trois ans et d'un programme ambitieux de recherche-développement associé, la France devra à nouveau acheter les technologies allemandes pour ses premières installations de démonstration, comme elle s'apprête déjà à le faire dès 2008. Et pourtant, les connaissances techniques et scientifiques existent – Laboratoire des sciences du génie chimique de Nancy (LSGC), INSA de Strasbourg, CIRAD, CEA, IFP, EDF R&D. Les partenariats et réseaux d'excellence européens sont en place. Les industriels se montrent attentifs et les pôles de compétitivité ne demandent qu'à innover. Les biocarburants de deuxième génération sont donc à portée de main. Ils sont au cœur des préoccupations de nos pays urbanisés, valorisent de manière efficace la ressource biomasse sur des marchés immenses, et représentent d'excellents vecteurs énergétiques dans des schémas d'écologie industrielle.

Alors allons-y!

**Guillaume Bourtourault**

## → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Élus locaux, agriculteurs, gestionnaires de patrimoine foncier, industriels ou particuliers consommateurs de chaleur, forestiers, papetiers, etc.
2. On parle d'exergie pour désigner la part de l'énergie pouvant être convertie en travail, c'est-à-dire en énergie mécanique ou électrique, plus « nobles » que l'énergie thermique.
3. La cogénération consiste à produire en même temps et dans la même installation de l'énergie thermique (chaleur) et de l'énergie mécanique. L'énergie thermique est utilisée pour le chauffage ou dans des procédés industriels. Transformée en énergie électrique grâce à un alternateur, l'énergie mécanique peut être exportée.
4. Moteur à combustion externe qui convertit de l'énergie thermique en énergie mécanique : l'air (ou un autre gaz) circule entre un point chaud et un point froid et subit ainsi alternativement une compression et une dilatation. Cette pulsation du gaz est utilisée pour entraîner un piston qui permet de récupérer de l'énergie mécanique.



# Vers une nouvelle ère énergétique

**Croissance de la consommation d'énergie, raréfaction de la production pétrolière, changement climatique : comment résoudre la quadrature du cercle ? L'enjeu consiste à assurer la transition vers un nouveau cadre énergétique mondial pour éviter des crises économiques et sociétales majeures.**

**NATHALIE ALAZARD-TOUX**

DIRECTRICE DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE (IFP).

## À quelle échéance peut-on prévoir l'épuisement des énergies fossiles ?

→ **Nathalie Alazard-Toux** : L'accroissement du prix du pétrole a fortement contribué à raviver les inquiétudes sur la réalité des réserves disponibles. Certes, les ressources en énergies fossiles sont par nature limitées à l'échelle de la planète et appelées à se raréfier, et ce d'autant plus que la demande est croissante, mais elles sont encore loin d'être épuisées. D'autres ressources seront mobilisables dans le futur mais elles nécessiteront des technologies plus complexes et coûteuses pour les exploiter. Si la fin du pétrole n'est pas pour demain, les risques sur les approvisionnements liés à l'insuffisance des investissements et aux tensions géopolitiques ainsi que la menace existant pour le changement climatique doivent nous conduire à repenser notre mode de consommation énergétique.

## Quels impacts sur les différents aspects de la vie quotidienne ?

→ Nous entrons dans une période de transition énergétique qui va permettre le passage d'un modèle basé à 80 % sur les énergies fossiles – pétrole, gaz et charbon – vers un nouveau modèle énergétique où les énergies non carbonées seront dominantes. Cette transition sera de longue durée. Il est peu probable, compte tenu de l'inertie des sys-



© KARL NAUNDORF/FOTOLIA.COM

tèmes énergétiques, que la part des solutions alternatives puisse augmenter de façon très importante et rapide. Pendant cette période, nous continuerons d'exploiter et d'utiliser le pétrole, mais de manière plus rationnelle et plus propre, en même temps que se développeront de nouvelles sources d'énergie qui viendront progressivement prendre le relais.

## Quelles recherches faudrait-il développer pour s'y préparer ?

→ De nouveaux systèmes de production, de transformation et d'utilisation de l'énergie doivent être étudiés pour consommer moins et émettre moins de CO<sub>2</sub>. La mise en œuvre des techniques de captage et de stockage du CO<sub>2</sub>, l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables et de nouveaux systèmes

de stockage de l'énergie sont autant de défis pour la recherche.

## Quelles perspectives pour les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération ?

→ Parallèlement aux filières existantes, les biocarburants dits de 2<sup>e</sup> génération – produits à partir de la biomasse lignocellulosique : résidus de bois ou paille – offrent des perspectives intéressantes pour augmenter le potentiel de production des biocarburants. Avec les biocarburants de 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> génération, l'objectif de 10% d'incorporation de biocarburants fixé par l'Union européenne à l'horizon 2010 est accessible sans menace pour l'alimentation. Mais cela suppose là aussi de continuer les efforts de recherche. ■

**Propos recueillis par  
Laurent Lefèvre**

# Énergie de la mer: la nouvelle vogue

De nombreux projets principalement européens visent à exploiter cette ressource afin de produire de l'énergie.

ALAIN CLÉMENT  
INGÉNIEUR DE RECHERCHE AU CNRS.



La houle et les vagues constituent une source d'énergie dont la récupération occupe l'esprit des scientifiques depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Dans *Vagues et marées* publié en 1923, Alphonse Berget décrit différents dispositifs possibles pour récupérer l'énergie mécanique représentée par le mouvement des vagues. Déposé par Girard père et fils, le premier brevet sur l'énergie des vagues date de 1799. Le laboratoire de mécanique des fluides de l'école centrale de Nantes a mis au point le procédé SEAREV. Lancé en 2003, ce projet vise au développement d'une filière d'énergie renouvelable. Son concepteur, Alain Clément fait le point sur ses avancées.

## Quel est le principe du procédé SEAREV ?

Un flotteur est mis en mouvement par les vagues. À l'intérieur de ce flotteur complètement clos, un système pendulaire active des pompes hydrauliques qui elles-

mêmes font tourner des générateurs électriques. À terme avec des champs d'engins formant des « fermes houlomotrices », l'électricité sera « mutualisée » avant d'être ramenée à la côte par un câble sous-marin. On aura besoin pour cela d'occuper un espace maritime déterminé pour produire un certain niveau d'énergie : on peut installer une puissance électrique de 20 mégawatts par kilomètre carré de mer. À l'intérieur du champ des machines, la navigation sera réduite et la pêche interdite. Cela n'aura pas plus d'impact qu'une ferme aquacole mobilisant une petite zone où les pêcheurs ne peuvent pas aller.

## Avez-vous testé ce principe ?

Les essais ont validé le principe et l'innovation que constitue le contrôle en temps réel piloté par ordinateur qui amplifie la production. Ils nous ont permis d'étalonner nos modélisations. On pense mettre les prototypes à la mer en

2009. La première ferme expérimentale en 2010-2011. La commercialisation de cette technologie devrait débiter à partir de 2012.

## Avez-vous connaissance d'autres projets basés sur l'énergie de la mer ?

Il existe de nombreux projets qui utilisent l'énergie des vagues, des courants, ou de la marée. Pour les vagues, on en compte une quinzaine, principalement en Europe. Le plus connu Pelamis, un projet écossais, installe au Portugal sa première ferme commerciale. On recense une petite dizaine de projets, surtout européens, basés sur les courants dont le projet Harvest de l'université de Grenoble. La Corée du Sud vient de lancer le chantier d'une usine marée-motrice plus importante que l'usine française de la Rance en exploitation depuis 40 ans et qui devrait perdre son leadership mondial. ■

Propos recueillis par Laurent Lefèvre

# Le nucléaire une dangereuse diversion

**Inefficace et dangereux, le nucléaire ne répond pas aux enjeux majeurs de la crise énergétique et climatique. Il détourne l'attention d'autres priorités : développer l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables.**

**FRÉDÉRIC MARILLIER**

CHARGÉ DE MISSION ÉNERGIE/NUCLÉAIRE À GREENPEACE

**S**i les centrales nucléaires émettent peu de gaz à effet de serre, présenter le nucléaire comme un outil pour sortir de la crise énergétique et climatique – une arme de destruction massive des émissions de CO<sub>2</sub> – constitue un raccourci dangereux et irréaliste.

## **Danger majeur pour énergie mineure**

Avec 440 réacteurs au plan mondial, le nucléaire ne produit que 2 % de la consommation finale d'énergie et ne permet d'économiser que 4 à 6 % des émissions de CO<sub>2</sub>. Même en France, où le nucléaire constitue le cœur de sa politique énergétique des dernières décennies, il ne représente que 17 % des consommations finales.

Chiffre peu connu comme l'a illustré le débat présidentiel mais donnée importante qui remet en cause la vision de la prédominance du nucléaire dans notre pays, alors que 75 % de notre consommation d'énergie provient encore des énergies fossiles – pétrole, charbon et gaz.

Pour lutter significativement contre le dérèglement climatique, il faudrait multiplier de manière extrêmement importante la part du nucléaire. Cela impliquerait non seulement de remplacer le parc nucléaire actuel vieillissant, mais d'aller bien au-delà en construisant plusieurs milliers de réacteurs un peu partout sur la planète. Cela

ne sera pas sans soulever des problèmes incompressibles de risque et cristallisera la question déjà insoluble des déchets nucléaires.

Cela posera surtout une difficulté majeure en termes de prolifération nucléaire. Les exemples pakistanais et indien détenteurs de la bombe nucléaire – ou plus récemment nord-coréen et iranien – illustrent ce risque lié au développement du nucléaire. La longue liste des pays souhaitant aujourd'hui accéder à cette technologie (1) montre l'ampleur du bouleversement que représentera une généralisation accrue du nucléaire et l'impossibilité de contrôles internationaux déjà problématiques actuellement.

Un important développement du nucléaire entraînera des consé-





quences graves pour la sécurité mondiale en raison du risque de prolifération des armes nucléaires estime une étude du cercle de réflexion Oxford Research Group. Ces spécialistes considèrent que si le nucléaire représentait un tiers de la production mondiale d'électricité, 4 000 tonnes de plutonium seraient nécessaires, en 2075, pour alimenter toutes les centrales soit 20 fois les stocks de l'arsenal militaire mondial actuel. Et il suffit de 4 à 8 kg de plutonium pour fabriquer une bombe nucléaire. « Une renaissance mondiale du nucléaire n'est pas dans les moyens de l'industrie nucléaire et dépasserait totalement les capacités de l'Agence internationale de l'énergie atomique à surveiller les puissances nucléaires » peut-on lire dans le rapport (2). Dans ces conditions, la voie nucléaire risque de s'avérer extrêmement périlleuse et d'entraîner une instabilité et une crise sécuritaire généralisée.

### Une technologie inefficace et inadaptée

Cette prise de risque apparaît vaine tant le nucléaire ne représente qu'une option marginale. Le nucléaire ne peut produire que de l'électricité qui représente environ un quart de nos besoins en énergie – 22,7 % en France. Efficace et rentable qu'en fonctionnement en base, c'est-à-dire pour produire de l'électricité en continu, il ne peut couvrir, au mieux, que 50 % de la production d'électricité, soit 10 à 15 % du total nos besoins énergétiques.

Ce constat a d'ailleurs été établi par le groupe « facteur 4 » mis en place en 2005 par les ministres français de l'Industrie et de l'Écologie. « L'énergie nucléaire en Europe représente 6 % de l'énergie finale, 2 % dans le monde, 17 % en France. Au vu de ces pourcentages, il n'apparaît pas justifié, pour bâtir une stratégie climat, de centrer le débat sur l'énergie nucléaire » estime dans son rapport ce groupe de travail sur la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 (3).

Pour que le nucléaire puisse

avoir un impact significatif dans la réduction de nos émissions de gaz à effet de serre, il faudrait, dès aujourd'hui, bâtir quatre centrales nucléaires par mois pendant 70 ans selon l'Oxford Research Group. Rythme que même la France, championne du monde toute catégorie, n'a jamais pu tenir pendant les périodes les plus fastes de son programme nucléaire. « À moins qu'on ne démontre avec certitude que l'énergie nucléaire peut fournir une contribution majeure à la lutte contre les émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, il faut écarter l'énergie nucléaire du cocktail de solutions » conclut le cercle de réflexion britannique. Ce constat sans appel est étayé par l'exercice réalisé par l'économiste Benjamin Dessus et l'ancien expert du CEA Philippe Girard, dans leur scénario *Sunburn* pour « scénario ultra-nucléaire » (4). Ils imaginent une relance mondiale massive et fortement soutenue du nucléaire d'ici 2030, en tenant compte uniquement des contraintes industrielles et techniques. Ils ignorent volontairement les obstacles économiques, financiers ou politiques. Leurs conclusions montrent que, même dans ce cadre favorable avec la multiplication par quatre de la production nucléaire dans le monde d'ici 2030, la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> ne serait que de 9 % par rapport au scénario de référence de

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

### D'autres réponses au défi climatique

Inefficace et dangereux, le nucléaire nous détourne des décisions primordiales qui doivent être prises très rapidement. Il entre en compétition avec les priorités que sont l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables, solutions à même de relever le défi climatique comme le montrent diverses études (5).

Son développement massif cannibaliserait les investissements nécessaires comme il vampirise aujourd'hui le financement de la recherche. « En moyenne, un dollar investit dans un équipement ou appareil électrique plus efficace évite plus de deux dollars d'investissement dans une infrastructure de production, de transport ou de distribution d'énergie » estime pourtant Claude Mandil, le directeur exécutif de l'AIE (6).

Face à l'urgence de la crise climatique, des solutions plus avancées existent sans tenter le diable nucléaire qui s'avère extrêmement risqué, avec un gain potentiel très faible. Loin d'être une obligation, le nucléaire ne représente qu'une option qui cache une dangereuse diversion. ■

Frédéric Marillier

### → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Algérie, Azerbaïdjan, Bangladesh, Biélorussie, Chili, Égypte, Géorgie, Ghana, etc.
2. [www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing\\_papers/pdf/too-hottohandle.pdf](http://www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing_papers/pdf/too-hottohandle.pdf)
3. [www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/facteur4-rapport.pdf](http://www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/facteur4-rapport.pdf)
4. [www.agora21.org/global-chance/GC-N-21.pdf](http://www.agora21.org/global-chance/GC-N-21.pdf)
5. Par exemple le scénario révolution énergétique publié par Greenpeace et Erec en février 2007. [www.greenpeace.fr/scenario-energetique/presse/pdf/energy-revolution-scenario-global-anglais.pdf](http://www.greenpeace.fr/scenario-energetique/presse/pdf/energy-revolution-scenario-global-anglais.pdf)
6. Déclaration faite à l'occasion de la sortie du rapport prospectif « World Energy Outlook 2006 » de l'AIE, en novembre 2006, souligne la nécessité de baisser la demande mondiale en énergie et appelle les gouvernements à agir fortement et dès maintenant dans ce sens.

# Le nucléaire une des clés du casse-tête énergétique

**Le développement conjoint de l'énergie nucléaire, des énergies renouvelables et d'une politique de maîtrise de l'énergie permettrait de répondre à la demande d'énergie mondiale qui devrait doubler d'ici 2050.**

**SYLVAIN DAVID**

CHARGÉ DE RECHERCHE AU CNRS, INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE D'ORSAY.

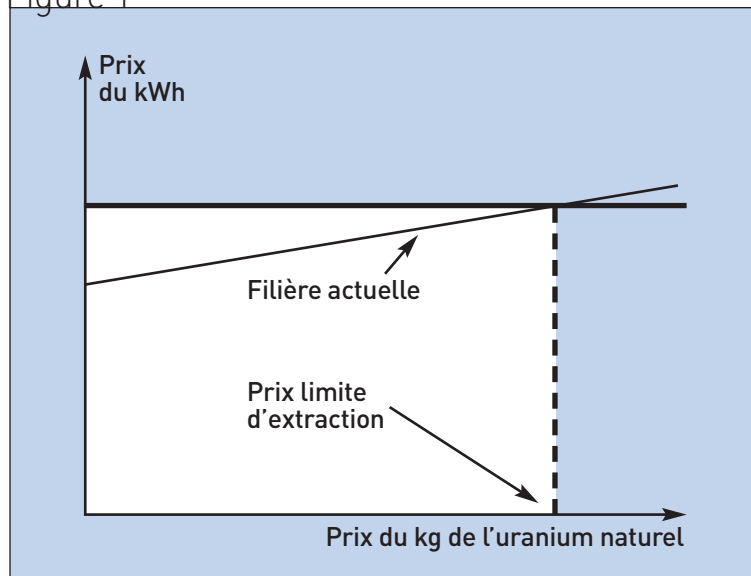
Aujourd'hui, la consommation énergétique représente environ 10 milliards de tonnes d'équivalent pétrole par an (tep/an) et elle va augmenter dans le futur. Les scénarios mondiaux prévoient, en 2050, une consommation entre 15 et 30 milliards de tep/an (1). En pariant sur des politiques volontaristes en matière d'économie d'énergie, il semble donc que nous n'échappions pas à un doublement de la consommation d'énergie mondiale d'ici 2050. Les combustibles fossiles – pétrole, gaz et char-

bon dont les réserves sont limitées – fournissent plus de 75 % de notre consommation énergétique actuelle. Leur utilisation conduit à l'émission massive de gaz à effet de serre, déjà responsables d'une augmentation mesurable de la température moyenne. Cette consommation (2) doit être divisée par deux en 2050 si l'on veut avoir une chance de ne pas dérégler gravement le climat. Combler le manque nécessitera de développer massivement les énergies renouvelables parallèlement au nucléaire.

L'énergie nucléaire ne représente aujourd'hui que 7 % de la production d'énergie mondiale et 20 % de la production électrique mondiale. Le cas de la France est un peu particulier puisque plus de 75 % de l'électricité est produite par des centrales nucléaires, alors que cette proportion ne dépasse pas 30 % pour les États-Unis, l'Allemagne ou le Japon. L'impact du nucléaire dans la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> se mesure déjà puisqu'un Français émet, en moyenne, 40 % de CO<sub>2</sub> en moins par rapport à un Allemand,



Figure 1



pour un niveau de vie et de consommation équivalent. Si le nucléaire doit jouer un rôle significatif dans la lutte contre le dérèglement climatique dans les décennies à venir, cela signifie que le déploiement de cette énergie doit être massif et planétaire, ce qui changera complètement la façon de l'aborder.

### Les filières actuelles de l'industrie électro-nucléaire

Toute l'industrie électro-nucléaire s'est bâtie autour de l'utilisation de l'Uranium-235, seul noyau fissile naturel. Cet isotope ne représente que 0,7 % de l'uranium naturel, le reste étant de l'Uranium-238 qui ne fissionne quasiment pas lorsqu'il est bombardé par des neutrons. Produire une énergie électrique d'un milliard de watts pendant un an (3) nécessite de fissionner environ une tonne de matière et pour cela extraire 200 tonnes de minerai d'uranium naturel. Les réacteurs à eau sous pression (REP) actuels de 2<sup>e</sup> génération et les réacteurs de 3<sup>e</sup> génération, EPR (Evolutive Power Reactor) en tête, fonctionnent sur ce principe.

### Les technologies régénératrices

Il existe des technologies de réacteurs permettant de réduire cette consommation d'un facteur 100 environ, grâce à la régénération. Plus chers à l'investissement,

ces réacteurs ne consomment presque plus d'uranium et permettent une production massive d'énergie nucléaire pendant des dizaines de milliers d'années. Dans ce contexte, la problématique des réserves d'uranium et du potentiel de production nucléaire mérite d'être détaillée.

Il existe donc un prix limite d'extraction de l'uranium, à partir duquel les technologies régénératrices deviennent plus économiques (cf. Figure 1). Ce prix d'extraction maximum fixe ce qu'on appelle abusivement les ressources ultimes en uranium. Il reste délicat à déterminer du fait de progrès éventuels de la technologie de l'extraction, du manque de prospection – jusqu'à récemment – de gisements d'uranium, du coût (encore inconnu) des différents réacteurs régénérateurs envisagés et de contraintes macro-économiques et géopolitiques.

En moyenne, on l'évalue aujourd'hui à 400 \$/kg. Il faut alors estimer les réserves exploitables à ce prix. Également entachées d'incertitudes, les estimations varient entre 15 et 30 millions de tonnes selon les sources, soit plusieurs siècles de production au rythme actuel. En revanche, si le nucléaire se développe fortement, pour représenter par exemple 20 % de l'énergie en 2050, la transition vers ces filières régénératrices devra

être effectuée dans le siècle à venir.

La régénération n'est pas toujours possible et les réacteurs actuels ne peuvent pas remplir cette condition. Il est nécessaire d'utiliser des réacteurs à neutrons rapides qui doivent être refroidis avec des noyaux lourds – l'eau est donc proscrite. La technologie la plus aboutie de réacteur à neutrons rapides est celle refroidie par du sodium, dont Superphénix – arrêté en 1997 – représente aujourd'hui le seul prototype industriel réalisé. Il s'agit d'une technologie encore chère et complexe, du fait par exemple de la présence d'une très grande quantité de sodium liquide, assez instable au contact de l'eau notamment. Comment alors envisager le déploiement de plusieurs centaines de réacteurs de ce type au plan mondial ? Des efforts demeurent encore nécessaires pour rendre cette technologie complexe commercialisable à grande échelle. La culture de sûreté, développée en France de façon tout à fait satisfaisante, devra s'imposer à toutes les régions du monde avant d'envisager sereinement un déploiement massif de ce type de technologie. Même si la filière au sodium reste la plus aboutie des technologies de réacteurs à neutrons rapides, des recherches sont également menées sur d'autres fluides capables d'évacuer la chaleur pour remplacer le sodium si celui-ci induisait trop de surcoûts. L'alternative aujourd'hui explorée : le plomb et l'hélium. D'autres systèmes plus innovants sont également à l'étude, par exemple la filière des réacteurs à sels fondus utilisant non plus le cycle de l'uranium mais celui du thorium.

### Les déchets

Il faut reconnaître que la question des déchets focalise aujourd'hui les craintes de la société. Pourtant, les problèmes posés par les déchets ne semblent pas de nature à condamner le recours au nucléaire pour le futur. Certes, aucun des multiples modes de gestion possibles ne semble totalement idéal, mais cela ne signifie pas qu'ils soient inacceptables.

&gt;&gt;&gt;



» Actuellement, le stockage en profondeur reste la solution de référence, retenue par la plupart des pays, dont la France. Il s'agit d'isoler les déchets les plus actifs du biotope. Le site choisi pour la France est une couche d'argile qui se situe à 500 mètres sous terre, dans une région géologiquement stable. Le stockage géologique est, par conception, irréversible après une période d'exploitation et de surveillance qui peut durer au maximum quelques siècles. Cette façon « d'oublier » les déchets – même si elle ne présente aucun risque sérieux pour l'environnement – n'est pas obligatoirement acceptable d'un point de vue social. On peut d'ailleurs s'étonner que l'entreposage pérenne – solution remise au goût du jour par le débat public sur les déchets nucléaires (2005-2006) – soit si peu considéré. Il s'agirait de mettre en place un entreposage en subsurface, avec contrôle régulier du conditionnement. Cette solution, par conception réversible sur le long terme, devrait également obliger la société à soutenir des axes de recherche dédiés à l'amélioration du confinement et à trouver des réponses plus innovantes, comme la transmutation par exemple.

La transmutation consiste à faire fissionner une partie des déchets, afin d'en diminuer la radioactivité – et donc la chaleur résiduelle – à long terme. Les réacteurs actuels sont, pour l'instant, incapables de recycler ces matières pour les incinérer et il faut attendre l'arrivée de réacteurs à neutrons rapides ou mettre en place une strate de réacteurs dédiés à l'incinération. L'avantage principal réside dans le fait que les déchets produits seraient allégés : ils ne contiendraient plus que des produits de fission, dont

la radioactivité décroît d'un facteur un million en 600 ans environ. Cette stratégie faciliterait sans doute grandement la gestion des déchets ultimes qui pourraient être entreposés pendant quelques centaines d'années – et non sur des périodes géologiques.

Si la gestion actuelle – stockage – est compatible avec un nucléaire limité au plan mondial, un déploiement ne pourra sûrement pas se passer de la mise en œuvre de la transmutation afin de réduire au maximum le nombre de sites nécessaires au stockage des déchets ultimes.

### Et la prolifération ?

Sujet éminemment politique mais on peut, d'ores et déjà, dresser quelques constats. Les pays ayant développé la bombe nucléaire l'ont toujours fait avant de développer le nucléaire civil. La quasi-totalité de la demande (éventuelle) du nucléaire dans le futur se manifesterait dans des pays détenant déjà la bombe. La question de la prolifération peut être un frein pour certains pays, mais cela n'influencerait pas fondamentalement le paysage nucléaire mondial.

Un véritable obstacle au déploiement réside dans la mise en place d'une culture de sûreté mondiale, indispensable pour rendre supportable un nucléaire significatif. Il faudra aussi trouver le moyen de disposer de capitaux suffisants, le nucléaire demandant des investissements très lourds et très longs à être rentabilisés. Enfin, n'oublions pas la formation : il faudra, au plan mondial, développer massivement des filières de techniciens et ingénieurs capables d'assurer la construction et l'exploitation des centrales.

### Les risques liés à l'énergie du futur

De façon très schématisée, la problématique de l'énergie du futur peut se résumer à trois risques : le risque climatique, le risque de la pénurie d'énergie (conflits, crise économique...) et le risque lié à un déploiement massif du nucléaire.

Refuser le risque nucléaire nous oblige, malheureusement, à devoir gérer les deux premiers : ne pas pouvoir fournir au monde l'énergie dont il a besoin, et qui plus est, en dérégulant le climat. Mais à l'inverse, faire le choix du nucléaire ne sera en rien suffisant. Il faudra également mettre en place des politiques très volontaristes de maîtrise de l'énergie et développer massivement les énergies renouvelables, sans quoi l'option nucléaire risque d'être prise pour rien.

Nucléaire, énergies renouvelables et maîtrise de l'énergie sont totalement cohérents et la combinaison des trois voies nous permettra, espérons-le, de résoudre le casse-tête énergétique du siècle à venir. C'est uniquement dans cette comparaison globale de la problématique de l'énergie du futur que les risques liés au nucléaire quels qu'ils soient – sûreté des centrales, déchets, prolifération – peuvent nous apparaître acceptables.

L'exigence sera de mettre en place une culture de sûreté draconienne au plan mondial, à la fois, pour les installations – réacteurs et usines du cycle – et pour le traitement des déchets ultimes. Ce point clé organisationnel à ne pas sous-estimer doit s'appuyer sur une recherche mondiale énergétique et innovante. ■

Sylvain David

### → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Selon les économies d'énergie réalisées, et surtout, le niveau de vie des pays en voie de développement, notamment la Chine et l'Inde.
2. Huit milliards de tonnes d'équivalent pétrole.
3. Soit 8,76 milliards de kWh.



nouveautés  
LES ÉDITIONS  
Nouveaux regards  
SYLLEPSE

# Scénario pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>

Un scénario alternatif prévoyant d'économiser l'énergie, de diminuer son contenu en carbone et de capter et stocker du CO<sub>2</sub> permettrait de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> afin de limiter l'impact sur le climat.

ALEXANDRE ROJEY

DIRECTEUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE À L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE (IFP).

Les rejets de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) émis par l'homme se sont élevés, pour l'année 2004, à 26 gigatonnes (Gt) soit environ 7 Gt d'équivalent carbone (cf. Figure 1). Dans un scénario de référence poursuivant les tendances actuelles, les émissions de CO<sub>2</sub> doublent en passant de 7 à 14 Gt de carbone par an. On aboutirait à une teneur en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère supérieure à 1 000 ppm (partie par million), inacceptable en termes d'impact sur le climat. Pour stabiliser cette teneur à 450 ppm afin de limiter l'élévation de la température moyenne à 2 °C, il faut arriver, vers 2050, à un niveau d'émission proche de la moitié du niveau actuel. Pour répondre à un

tel objectif, trois voies peuvent être suivies.

## Restreindre la consommation d'énergie

Cela implique un effort important, à engager dans tous les secteurs. Il faut repenser l'habitat et la mobilité pour limiter le temps et l'énergie dépensés dans les transports, ainsi que les déperditions dans les habitations. Il est nécessaire de réduire la consommation des véhicules, en reconsidérant leur conception et en améliorant le rendement des moteurs à combustion interne. Il faut revoir les processus de production, dans le secteur industriel et agricole, de façon à les rendre plus perfor-

mants et moins consommateurs en énergie. Cette voie est la toute première à suivre pour diminuer rapidement et efficacement les émissions de CO<sub>2</sub>.

## Réduire le contenu carbone de l'énergie

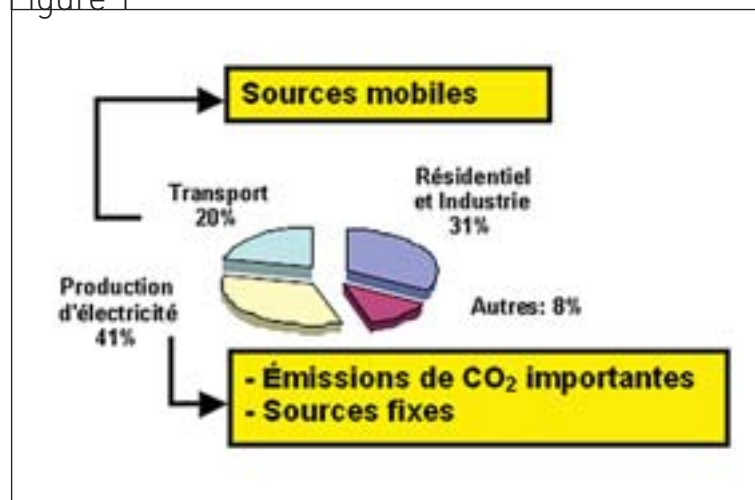
Il faut pour cela favoriser l'utilisation de sources d'énergie à faible contenu carbone. Ces sources sont bien sûr les énergies renouvelables et le nucléaire, dont une utilisation accrue permet de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> associées à une consommation donnée d'énergie. Cette alternative présente toutefois des limitations qui ne permettent pas de les substituer de manière immédiate et massive aux combustibles fossiles.

Dans le domaine des carburants liquides pour lequel il existe peu de solutions, les biocarburants ont un rôle croissant à jouer. Le développement de biocarburants de seconde génération à partir de biomasse lignocellulosique – herbe, bois, écorce, etc. – devrait permettre de réduire de 70 à 90 % les émissions de CO<sub>2</sub>. En ce qui concerne la production d'hydrogène comme vecteur énergétique, il faut privilégier les voies qui améliorent le bilan CO<sub>2</sub>, notamment par captage et stockage du CO<sub>2</sub> émis.

## Capter et stocker le CO<sub>2</sub>

Pour effectuer le captage et le stockage géologique du CO<sub>2</sub> émis,

Figure 1





on peut utiliser soit un gisement d'hydrocarbures épuisé, soit un aquifère (1) salin profond, inexploitable pour des utilisations d'eau potable. Cette voie paraît prometteuse pour les émissions concentrées de CO<sub>2</sub> provenant notamment des centrales électriques au charbon. Elle a déjà été testée à l'échelle industrielle, mais des travaux de recherche restent à poursuivre pour réduire les coûts et assurer la sécurité ainsi que la pérennité à long terme du stockage.

Il est également possible de capter et de stocker une partie du carbone émis sous forme de biomasse, notamment par reforestation de larges surfaces (puits de carbone), mais avec un potentiel de stockage plus limité.

### Scénario alternatif

Un scénario alternatif (2) a été établi pour l'Agence européenne de l'environnement en jouant sur les trois facteurs précédents (cf. Figure 2).

L'amélioration de l'efficacité

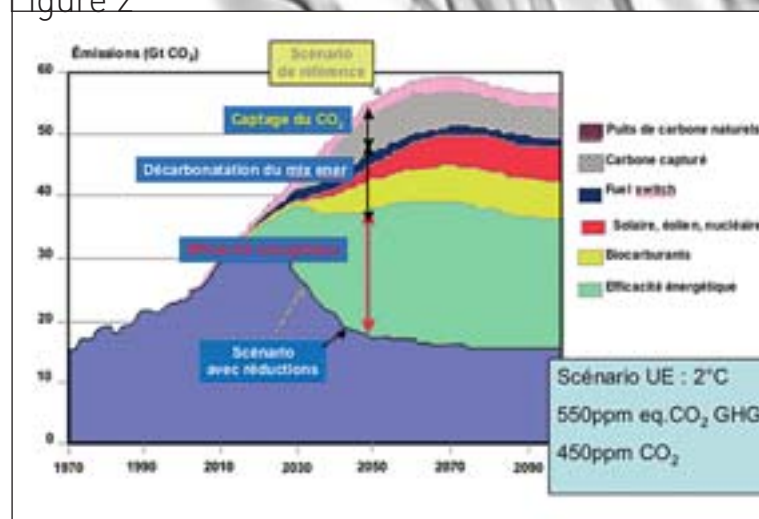
énergétique devrait permettre d'ici 2050 de contracter d'environ 20 Gt par an les émissions de CO<sub>2</sub>. La «décarbonation» du mix énergétique conduit à une diminution de l'ordre de 12 à 13 Gt par an.

Enfin, le captage et le stockage de CO<sub>2</sub> ainsi que les puits de car-

bone permettent de réduire les émissions de l'ordre de 7 à 8 Gt par an. Les puits de carbone n'interviennent que pour une part relativement faible de ce total ne dépassant pas 1 Gt par an.

**Alexandre Rojey**

Figure 2



Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> selon le scénario de référence et le scénario alternatif.

### → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Couche de terrain ou roche suffisamment poreuse pour contenir une nappe d'eau souterraine.

2. Van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Berk, M.M., Lucas, P., Eickhout, B., Eerens, H., Oosterrijk, R. *Regional costs and benefits of alternative post-Kyoto climate regimes*. Bilthoven : National Institute of Public Health and the Environment, 2003. RIVM report 728001025/2003.

# Réchauffement climatique, une urgence absolue

Physicien mondialement reconnu pour ses travaux sur les liquides et les cristaux, Sébastien Balibar poursuit ses recherches au laboratoire de physique statistique de l'École normale supérieure. Il est le premier lauréat français du Fritz London memorial prize et l'auteur d'un best-seller récent, *La Pomme et l'Atome*, édité chez Odile Jacob.

SÉBASTIEN BALIBAR  
DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS.



## Le réchauffement actuel du climat constitue-t-il, pour vous, une priorité ?

→ Sébastien Balibar : C'est un problème d'une importance extrême et d'une urgence absolue. Le rapport « Climate Change 2007 » du Groupe intergouvernemental d'étude du changement climatique (GIEC) est aussi formel que convaincant (cf. article de Jean Jouzel p. 16). Malgré les quelques objections fantaisistes qu'on peut lire de-ci de-là, tous les scientifiques compétents sont d'accord : ce réchauffement est dû à l'émission par l'activité humaine

de gaz à effet de serre, principalement le gaz carbonique et le méthane dont les concentrations dans l'atmosphère s'envolent.

## Avec quelles conséquences ?

→ La surface des océans se dilate et les glaces continentales fondent, donc le niveau de l'eau monte. Et cette montée s'accélère. Tous les deltas tellement peuplés des grands fleuves du monde sont menacés de submersion. L'extinction progressive des sources glaciaires qui alimentent ces fleuves risque fort de priver d'eau

potable de nombreuses régions du globe. La différence de température et de salinité entre les pôles et l'équateur évolue et l'on évoque désormais la possibilité que le Gulf Stream s'arrête. L'augmentation de l'évaporation des océans dans la région équatoriale intensifie tempêtes et typhons. Enfin, le permafrost – la terre gelée en permanence au nord de l'Asie et de l'Amérique – fond, ce qui dégage de telles quantités de gaz carbonique et de méthane que le climat va bientôt passer un point de non-retour.

**Notre avenir est-il compromis ?**

→ Pour la première fois dans son histoire, l'homme se rend compte non seulement qu'il n'est qu'une pérépétie tardive dans l'évolution de l'Univers, mais que cette pérépétie a peut-être une fin proche. Nous sommes comme à bord d'un énorme camion qui foncerait droit dans un mur, et je crois urgent de sauter sur les freins.

**Mais comment faire ?**

→ Qu'il faille économiser l'énergie est une évidence. Le gaspillage dans les pays développés est ahurissant. Surtout aux États-Unis et en Australie, où chaque habitant consomme environ 11 kilowatts (kW) par jour toutes énergies et tous usages confondus. Mais aussi en France où l'on consomme 5 kW alors que la moyenne mondiale tourne autour d'un kilowatt. Beaucoup moins évidemment pour les « pays en voie de développement ». Il faudrait diviser par deux les émissions de CO<sub>2</sub> aussi vite que possible, disons à l'horizon 2050. Mais la population augmente, et certains pays en voie de développement revendiquent à juste titre de consommer plus. Si la consommation double d'ici à 2050, c'est d'un facteur 4 qu'il faut diminuer la part des énergies fossiles dans l'énergie consommée en France et dans des pays semblables. Nous avons le devoir de donner l'exemple et ce sera très difficile comme le montre l'Association sauvons le climat ([www.sauvonsleclimat.org](http://www.sauvonsleclimat.org)). Il faut s'attaquer aux émissions de CO<sub>2</sub> dans les transports – développer des transports en commun qui fonctionnent avec de l'électricité propre, cesser de prendre l'avion pour faire des sauts de puce, construire des voitures électriques légères – et l'habitat : isoler les habitations, y installer si possible du chauffage solaire et des pompes à chaleur, etc. Il faut également apprendre à capter puis à séquestrer le carbone émis par toutes nos installations industrielles. Il faudrait cesser immédiatement de brûler du pétrole, du gaz naturel et du charbon puisque c'est l'origine principale du CO<sub>2</sub> émis. Il y a

mieux à faire, dans l'industrie chimique, avec ce qu'on peut encore extraire des puits et des mines.

**Que pensez-vous des biocarburants ?**

→ Il faut peut-être développer les biocarburants, mais attention à la pollution par les engrais et au nombre d'hectares disponibles pour de telles cultures, le rendement de la photosynthèse n'est que de 0,5 %, et les machines agricoles consomment elles aussi !

**Le nucléaire est-il indispensable ?**

→ Se passer du nucléaire dans ces conditions est impossible. Il faut au contraire améliorer la filière actuelle. Très performant et particulièrement sûr, le réacteur EPR constitue une étape indispensable vers la 4<sup>e</sup> génération qui procurera le grand avantage de transformer tous ses déchets lourds en combustibles, et de devenir ainsi une source propre d'énergie pour des millénaires. La filière Uranium-Plutonium est déjà au point : Superphénix fonctionnait bien et produisait beaucoup d'énergie, lorsqu'elle a été arrêtée par une décision politique contestable. On envisage de doubler cette future filière de 4<sup>e</sup> génération par une filière à sels fondus de thorium. La terrible ignorance dont nos récents candidats à l'élection présidentielle ont fait preuve sur l'avenir du nucléaire est grave. Quant à l'espoir d'utiliser un jour la fusion thermonucléaire, les problèmes scientifiques et techniques que cela pose expliquent qu'on y pense depuis 50 ans mais que si on y parvient un jour, ce ne sera pas avant au moins 50 autres années, quels que soient les résultats qu'apportera peut-être la machine ITER. Or, je le répète, il est urgent de sauver le climat.

**L'éolien peut-il être une solution ?**

→ Je crois que l'éolien n'est pas une bonne solution parce qu'il y a très peu d'énergie disponible dans le vent et que c'est une source intermittente. Lorsqu'il n'y a pas assez de vent, les éoliennes ne tournent pas et lorsqu'il y en a trop, il faut

les arrêter. Certains antinucléaires voudraient remplacer EPR par des éoliennes. Mais, il faudrait couvrir toute la côte ouest du Cotentin sur 150 km de long et 5 km d'épaisseur pour remplacer l'EPR de Flamanville. Pire, à chaque fois que ces éoliennes s'arrêteraient, il faudrait démarrer en urgence des centrales qui ne pourraient être que thermiques et qui dégageraient de grandes quantités de CO<sub>2</sub> ! Sauf si l'on inventait vite une manière efficace de stocker l'électricité en grandes quantités, l'éolien ne va pas sauver le climat.

**Et l'énergie solaire ?**

→ L'énergie solaire est beaucoup plus abondante. Mais il faut bien distinguer le solaire thermique qui sert à chauffer de l'eau dans des tuyaux peints en noir sous une vitre et le solaire photovoltaïque qui produit de l'électricité grâce à des panneaux en silicium. Le solaire thermique est facile à installer partout. Le photovoltaïque est intermittent et n'est pas stockable en grande quantité dans l'état actuel des techniques. S'il s'agit de panneaux individuels servant à alimenter un réfrigérateur dans un village d'Afrique, c'est extrêmement utile. Dans un pays comme la France, ça l'est beaucoup moins.

**Quel rôle peut jouer la recherche ?**

→ Tout cela est très difficile et nécessitera une volonté politique aussi éclairée que courageuse, beaucoup de recherche et d'innovation, et ceci non seulement en physique, chimie, science des matériaux, mais aussi en informatique pour de cruciales questions d'optimisation, ainsi qu'en sciences humaines car changer nos habitudes de vie demandera une fine connaissance de la sociologie et de la psychologie de chacun. Il y a beaucoup de travail pour les chercheurs, en particulier pour les jeunes docteurs qui arrivent aujourd'hui sur le marché de l'emploi scientifique. Notre avenir est entre leurs mains. ■

**Propos recueillis par Laurent Lefèvre**



# Politique de réduction des gaz à effet de serre

**Pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, les pays industrialisés doivent mettre en place une politique ciblée pour limiter la consommation d'énergies fossiles. Le principal indicateur guidant ces actions doit être le coût de la tonne de gaz carbonique évitée.**

**HERVÉ NIFENECKER**

PRÉSIDENT DU COLLECTIF SAUVONS LE CLIMAT

Obtenir une division par deux des rejets mondiaux de gaz carbonique dans 50 ans sera extrêmement difficile à réaliser avec le maintien de la croissance rapide des besoins de pays comme la Chine, l'Inde, le Brésil, etc. Il n'en est que plus important d'engager, dès à présent, des politiques aussi efficaces que possible de réduction des émissions dans les pays industrialisés (1). L'effort doit porter en priorité sur les émissions du secteur de production d'électricité, puis sur celles de chaleur, enfin sur le domaine des transports en profitant au mieux des technologies existantes. La France est particulièrement bien placée pour atteindre, parmi les premières des nations développées, ces objectifs.

Plutôt que de rechercher les économies d'énergie « en général », il faut chercher à économiser la consommation des combustibles fossiles. Les énergies renouvelables devraient être soutenues prioritairement en fonction de leurs performances prouvées en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il est capital de retenir comme indicateur simple et généralisé le coût de la tonne de gaz carbonique évitée (2). Dans cette optique, on est amené à formuler plusieurs propositions d'actions.

Selon les cas, on peut promouvoir les choix susceptibles de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> par des subventions ou par la réglemen-

tation, ou décourager les activités émettrices de CO<sub>2</sub> par des taxes. Leur niveau devra être tel que l'usage des combustibles fossiles pour l'action envisagée ne soit plus justifié économiquement.

Il convient, tout d'abord, de maintenir et de renforcer les performances carbone du secteur électrique. Tant que le captage-stockage du CO<sub>2</sub> n'est pas assuré, il faut réduire la part des centrales à gaz, fioul ou charbon dans la production d'électricité. Les principales voies à explorer nous semblent être :

- La réduction des besoins de pointe par des politiques tarifaires appropriées ;
- La construction d'un deuxième EPR aussi tôt que possible pour répondre à une demande croissante d'électricité ;
- L'utilisation en semi-base (3) des centrales nucléaires déjà largement amorties ;
- Le développement du stockage de l'électricité par pompage notamment grâce aux stations de transfert d'électricité par pompage (STEP) et la recharge en heures creuses des batteries qui équiperont les voitures hybrides.

Des mesures adaptées existantes ou facilement développables permettraient de diminuer l'usage des combustibles fossiles dans les secteurs de l'habitat et des bureaux : combustible biomasse utilisé, en

particulier, dans les réseaux de chaleur ; pompes à chaleur ; chauffage électrique avec effacement aux heures de pointe quand le contenu carbone de l'électricité devient important ; chauffage-eau chaude solaire associé à l'électrique ; amé-

## LES SECTEURS R&D À PRIVILÉGIER

- La génération IV de réacteurs et les cycles de combustibles associés : Uranium-Plutonium ou Thorium-Uranium ;
- Le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> produit par des installations centralisées ;
- Le stockage de l'électricité (batteries) ;
- La réduction des coûts des installations photovoltaïques autonomes par une recherche sur les batteries au plomb et l'optimisation des usages de l'électricité continue basse tension ;
- Le développement de transports en commun électriques innovants ;
- La deuxième génération de biocarburants ;
- Les technologies de l'hydrogène.

lioration de l'isolation du bâti utilisant des combustibles fossiles (4) ; interdiction des chaudières à fioul, gaz et charbon dans les logements neufs.

Rechercher l'efficacité carbone dans le secteur des transports passe par la limitation de la vitesse, la généralisation du ferroutage, le développement du fluvial grand gabarit, des transports en commun et des voitures individuelles électriques ou hybrides-électriques avec échange standard des batteries vides dans les stations-service. Plutôt que produire des biocarburants de première génération, utiliser la biomasse pour générer de la chaleur apparaît actuellement préférable au plan économique et

environnemental. Par contre, il convient de développer les biocarburants de deuxième génération fabriqués à partir de la plante entière. Les énergies renouvelables pourraient être généralisées dans les DOM-TOM et la Corse qui bénéficient de conditions très favorables à la réalisation d'un système intégré de production d'électricité renouvelable à rejet zéro.

La mise en œuvre du projet « solaire pour le développement » (5) permettrait de doter les habitants de régions rurales non raccordées au réseau d'un équipement photovoltaïque minimum. Il devrait être favorisé par le micro-crédit et les transferts de technologie.

Un certain nombre de secteurs

de R&D doivent être privilégiés (cf. encadré). La France doit notamment préparer la transition vers un nucléaire durable pour conforter les compétences que notre pays a acquises dans ce secteur.

Enfin des actions engagées mériteraient d'être « revisitées ». Dans le cas de la France, les éoliennes et les panneaux photovoltaïques contribuent peu à la diminution des rejets de CO<sub>2</sub>. Les investissements dans ces domaines ne devraient pas être prioritaires. Nous proposons, pour les nouvelles implantations, de supprimer la procédure d'obligation d'achat du courant éolien ou photovoltaïque. ■

**Hervé Nifenecker**

## → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Les différents pays devront faire des efforts très variables en fonction de leurs rejets actuels. Pour atteindre des émissions de CO<sub>2</sub> par tête compatibles avec la stabilisation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, les États-Unis devraient réduire leurs émissions d'un facteur 16, l'Allemagne et le Danemark d'un facteur 8, la France d'un facteur 5.
2. PREVOT, H. *Trop de Pétrole : énergie fossile et réchauffement climatique*. Paris : Édition le Seuil, 2007. ISBN 2-020-89925-6.
3. On qualifie de moyen de production en base un moyen de production d'électricité capable d'un fonctionnement quasi continu.
4. Dans les autres cas, cela relève d'une question de coûts : avantages laissés à la discrétion de l'utilisateur.
5. [www.sauvonsleclimat.org/lect\\_communique.php?id\\_communique=5](http://www.sauvonsleclimat.org/lect_communique.php?id_communique=5)



# Lutte contre le changement climatique

## Les instruments économiques

**Pour lutter contre le changement climatique, les pouvoirs publics devront programmer une hausse progressive du prix des énergies fossiles, émettrices de gaz à effet de serre.**

**PATRICK CRIQUI**

DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS



© AL RIGHT/FOTOLIA.COM

**L**a lutte contre le changement climatique sera l'un des enjeux majeurs du siècle. Elle devra combiner la réduction massive des émissions de gaz à effet de serre et les dispositions d'adaptation appropriées.

Dans les 15 dernières années, les politiques ont déjà pris la mesure du défi : des accords internationaux ont été conclus, avec la convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique à Rio en 1992, puis avec le protocole de Kyoto, signé en 1997 et entré en vigueur en 2005. L'Europe a mis en œuvre un ambitieux système de quotas d'émission négociables pour l'industrie. Les décisions du Conseil européen du 9 mars 2007 ont donné le cap pour le moyen terme : combiner des gains d'efficacité énergétique de 20 % et un recours aux renouvelables pour 20 % de l'ap-

provisionnement afin de réduire de 20 % les émissions de CO<sub>2</sub>. Cette politique du « 3 fois 20 en 2020 » (1) s'inscrit dans une trajectoire globale de limitation à + 2 °C de l'augmentation moyenne des températures. En France, depuis 2003, l'objectif officiel vise à diviser les émissions par un « facteur 4 » à l'horizon 2050, par rapport à ce qu'elles représentaient en 1990.

Alors même que ces objectifs paraissent extrêmement ambitieux, leur relâchement serait porteur de graves conséquences pour le climat global. Entre l'inatteignable et l'inacceptable, la lutte contre le changement climatique place les politiques publiques devant un défi sans précédent ! Il faut en effet s'engager le plus rapidement possible dans un processus de long terme, combinant innovations technologiques et modifications de com-

portements de la part de tous les acteurs économiques. Nos sociétés n'ont pas encore entamé cette bifurcation qui leur permettrait de s'inscrire sur des profils à très basses émissions de gaz à effet de serre. Pour des économies décentralisées – par opposition aux économies planifiées – la question consiste à savoir quels systèmes d'incitation doivent être mobilisés pour engager le changement de cap imposé par le défi climatique.

### Une boîte à outils bien fournie

En matière de régulation environnementale, les économistes disposent d'une boîte à outils bien fournie. Tout d'abord avec les normes et standards techniques – ou politiques et mesures dans le vocabulaire des politiques climatiques – qui constituent, dans tous les pays, le moyen d'intervention des admi-



nistrations le plus classique.

Puis avec les «écotaxes» – que l'on doit à Arthur Pigou (1920) – qui visent à internaliser dans les décisions économiques les dommages apportés à l'environnement (2).

Enfin, la réflexion sur les droits d'accès à l'environnement menée par Ronald Coase (1960) a progressivement conduit à l'élaboration des systèmes de «permis d'émission négociables», susceptibles d'être échangés sur un marché (3). Toutes les études montrent que les meilleures politiques environnementales sont celles qui combinent ces différents outils afin de conjuguer au mieux performance environnementale et efficacité économique.

### Les politiques européennes

Pour l'élaboration des politiques en Europe, il apparaît de plus en plus clairement qu'il faudra combiner le système des permis ou quotas d'émission – dit ETS pour Emission Trading System – pour les grands émetteurs et un autre système de régulation – taxes ou quotas spécifiques – pour les secteurs d'émission diffus. Dans tous les cas, les actions de normalisation et d'information des décideurs ou consommateurs constitueront des compléments indispensables.

Pour l'industrie et le secteur électrique, le système européen ETS, avec son contingentement direct des quantités, doit continuer à former la base de la régulation environnementale. Grâce aux possibilités offertes par l'allocation gratuite des permis, il a rendu réalisable l'entrée des industriels dans un système contraignant, sans remettre immédiatement en cause leur compétitivité économique internationale. La baisse importante

du cours du quota CO<sub>2</sub> pour la première période 2005-2007 ne doit pas conduire à contester ce dispositif car elle s'explique par des défauts de jeunesse du système. Il faut au contraire s'atteler à la consolidation et à l'amélioration du dispositif afin de maximiser ses effets vertueux et à la création d'un horizon de prévisibilité du prix du CO<sub>2</sub> pour les industriels. Ce marché constitue une expérience sans précédent de régulation environnementale internationale et le point d'amarrage potentiel des autres régions du monde dans la création du marché mondial du CO<sub>2</sub> inclus dans le protocole de Kyoto.

Mais ce marché ne couvre qu'un peu moins de la moitié des émissions en Europe et seulement 40 % en France, où le secteur électrique demeure faiblement émetteur. Il n'est pas généralisable aux secteurs dans lesquels le nombre des émetteurs reste très élevé comme celui des industries légères, des services, de l'habitat et des transports. Pour ces secteurs, certains ont proposé l'instauration de systèmes de permis spécifiques comme l'introduction de quotas échangeables pour l'essence, à raison de 450 litres par habitant et par an (4) – l'acceptabilité sociale de ce type de dispositif serait à étudier.

### Une taxe carbone

La régulation environnementale devra plus probablement passer par l'instauration d'une taxe carbone que l'on pourrait appeler taxe de lutte contre le changement climatique ou contribution climat. Si l'on veut qu'elle soit efficace en termes environnementaux et économiques, mais aussi acceptable en termes sociaux et politiques, elle devra répondre à plusieurs caractéristiques.

téristiques.

Elle devra être différenciée. Il suffit de considérer qu'une taxe de 100 € par tonne de CO<sub>2</sub> ne représenterait qu'un accroissement de 25 centimes du litre d'essence – soit la hausse constatée à la pompe depuis 2003 – mais entraînerait une augmentation du prix des énergies fossiles de 50 % pour les ménages et un doublement pour l'industrie légère... On voit bien qu'une taxe uniforme serait à court terme jugée intolérable pour ces secteurs alors qu'elle n'aurait qu'un impact minime sur les transports.

Elle devra aussi être progressive et clairement annoncée à l'avance, afin de déclencher partout des changements techniques et de comportement : par exemple, une hausse programmée pour atteindre une multiplication du prix de l'énergie par 1,5 ou par deux en 2030 ou 2050.

Enfin, il faudra qu'elle soit complétée par des mesures d'accompagnement, notamment pour la partie de la population que l'on peut considérer comme réellement dépendante de l'automobile.

Il faudra cependant que les pouvoirs publics aient le courage de programmer cette hausse du prix des énergies fossiles, émettrices de gaz à effet de serre. Ce faisant, ils fourniraient le bon signal à tous les acteurs de l'économie : celui de la nécessité d'innover pour les technologies énergétiques du futur, d'investir pour le réajustement des grandes infrastructures urbaines et de transport, de modifier progressivement leurs comportements pour éviter les crises de ressource et d'environnement global qui menacent les sociétés modernes. ■

Patrick Criqui

## → NOTES/RÉFÉRENCES

1. [www.telos-eu.com/fr/article/energie\\_vers\\_leurope\\_des\\_projets](http://www.telos-eu.com/fr/article/energie_vers_leurope_des_projets)
2. [fr.wikipedia.org/wiki/pigou](http://fr.wikipedia.org/wiki/pigou)
3. [fr.wikipedia.org/wiki/Ronald\\_Coase](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ronald_Coase)
4. [www.telos-eu.com/fr/article/changement\\_climatique\\_des\\_permis\\_plutot\\_que\\_des\\_](http://www.telos-eu.com/fr/article/changement_climatique_des_permis_plutot_que_des_)

# Énergie et transport

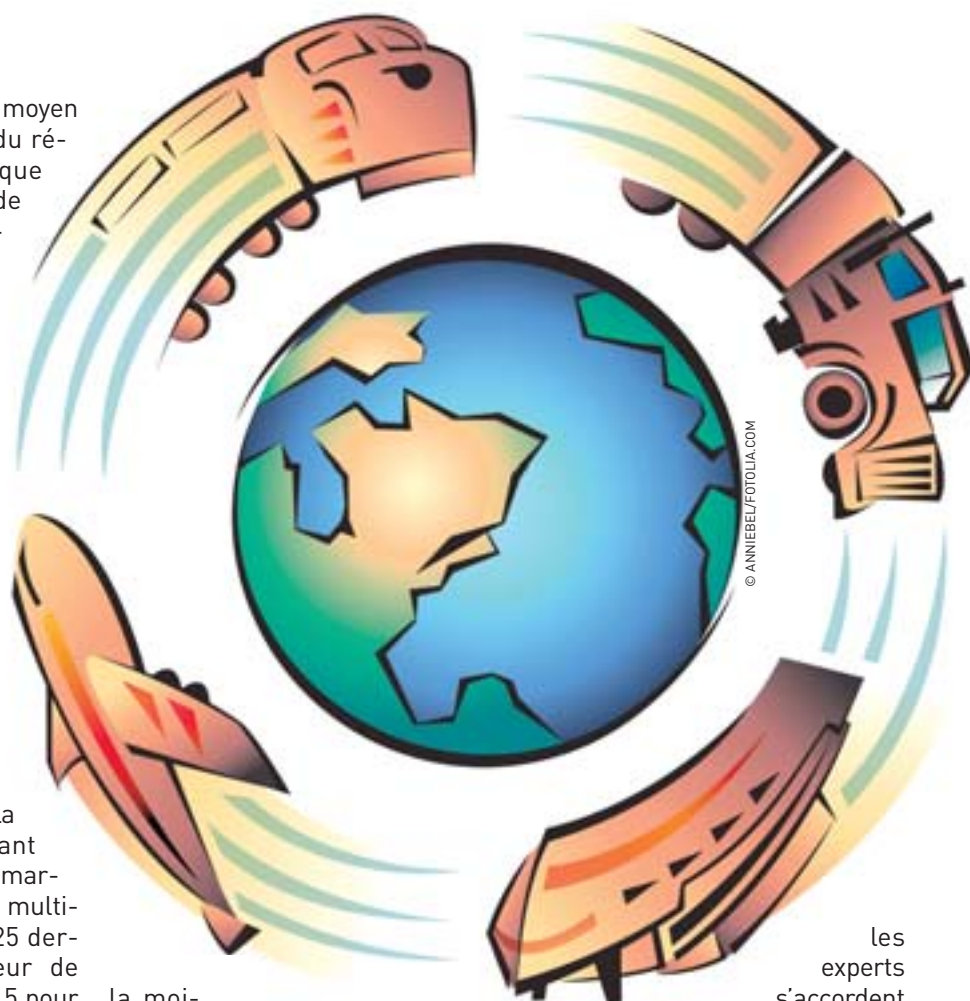
## Une question de gouvernance ?

Dépendant du pétrole à plus de 95 %, le transport est le secteur le plus consommateur d'énergie fossile. Il est aussi fortement associé à l'effet de serre puisqu'il contribue à lui seul pour un tiers de tout le CO<sub>2</sub> émis au plan national.

**DIDIER PILLOT**

CHARGÉ DE RECHERCHE À L'INRETS.

La pénurie de pétrole à moyen terme et l'ampleur du réchauffement climatique imposent à nos sociétés de profondes et rapides mutations dans les transports. Outre les dimensions technologiques ou organisationnelles, c'est sans doute notre rapport aux transports qu'il faut changer. Or ces derniers sont intimement liés à notre mobilité et au développement de l'industrie et de l'économie en général. Les transports routiers se sont imposés, favorisés par un pétrole abondant et relativement peu cher et une politique dynamique de création d'infrastructures. La consommation de carburant des transports routiers de marchandises en France a été multipliée par 2 au cours des 25 dernières années. Le facteur de croissance est même de 2,5 pour l'aérien et ne ralentit pas contrairement à la route. Le secteur des transports absorbe près de 60 % du pétrole consommé en France. Les transports routiers et aériens englobent à eux seuls plus de



la moitié du pétrole extrait dans le monde, la demande restant en croissance continue avec le boom économique et démographique de plusieurs pays, Chine en tête. Or

les experts s'accordent sur une offre insuffisante de pétrole d'ici quelques décennies, voire une décennie pour les plus pessimistes. Les climatologues prédisent des phénomènes insupportables en

augmentation avec l'accumulation des gaz à effet de serre issus pour un quart de la combustion du pétrole.

L'automobile représente à elle seule 45 % des carburants consommés pour les transports et tient généralement une place de première importance dans notre mode de vie. Encore synonyme de liberté et de mobilité aisée, symbole de réussite sociale et de puissance pour son propriétaire, son image continue à fasciner. Et l'industrie automobile pèse très lourd en termes économiques, financiers, sociaux et humains par le nombre d'emplois directs et indirects concernés. L'attachement à une image nationale reste prégnant et pourrait limiter l'impact d'innovations étrangères, chaque constructeur étant la marque d'un pays, même si les productions se délocalisent. La publicité s'emploie à maintenir l'attractivité des nouveaux modèles, volumes de vente obligent, en misant sur le « toujours » plus de confort, de performances, de volume, donc de poids.

La difficulté est maintenant d'inverser la tendance. La promotion récente des petits modèles faiblement consommateurs ou économiques semble répondre à ce souci. Il s'agit surtout de respecter les engagements volontaires envers la Commission européenne dits « accords ACEA » plutôt que de se lancer véritablement dans la conception de petits véhicules urbains à motorisation innovante. Les constructeurs se déclarent contraints par « la demande des clients » et continuent à rivaliser pour proposer des modèles toujours plus lourds et puissants, ce qui constitue un non-sens évident face au respect des limitations de vitesse et à la conduite économique exigés du conducteur. Les concepteurs doivent concilier il est vrai des exigences de sécurité en hausse – d'où l'accroissement du poids des structures et du nombre d'auxiliaires – et respecter des limites d'émissions de polluants toujours plus sévères. Pour autant, les normes d'émissions ont donné des résultats spectaculaires et imposent des limites divi-

sées par 5 depuis 1993 sur plusieurs polluants, réductions atteintes notamment avec les catalyseurs et filtres à particules.

Les efforts et les progrès sur les moteurs en matière de consommation sont loin d'être négligeables, mais il ne s'agit pas encore du saut technologique attendu. Seule l'électricité paraît aujourd'hui en mesure de tendre vers de très faibles émissions de CO<sub>2</sub>, d'abord en synergie avec un moteur thermique (véhicule hybride) et des batteries, puis produite avec une pile à combustible, mais les obstacles liés à l'hydrogène restent nombreux. Le premier frein est certainement d'ordre économique, l'électricité traînant encore de « lourdes casseroles » chez les constructeurs.

Bon nombre d'entre nous peignons à imaginer des déplacements sans notre voiture, preuve en est la part toujours modeste des transports collectifs dans la mobilité urbaine et péri-urbaine malgré l'élargissement de l'offre et de son attractivité – tramways, bus en site propre. Le peu de succès du concept de voitures partagées est un autre exemple. L'engouement pour le vélo partagé (Vélo'v et Vélib') est quant à lui encourageant mais ce mode véritablement écologique semble plus concurrencer les transports collectifs que la voiture... Dans ce domaine, les Français sont encore loin des pratiques hollandaises ou allemandes.

L'étalement urbain scelle un peu plus notre dépendance à l'automobile et l'offre de trains express régionaux ne croît pas au même rythme que la distance moyenne domicile-travail. Malgré cela, le gisement d'économie de carburant possible est important au vu de la fréquence des petits déplacements (quelques kilomètres).

Quant aux agro-carburants produits industriellement et incorporés en proportion croissante dans l'essence et le gazole jusqu'à hauteur de 10 % en 2015, ils ne semblent pas en mesure de réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre si leur coût énergétique de production reste aussi élevé. Ils ont le mérite d'aider le secteur

agricole et de favoriser une moindre dépendance par rapport au pétrole, en attendant des carburants de synthèse dont la fabrication serait dopée par des bactéries.

Responsable public, acteur économique ou simple citoyen, nous avons tous des raisons impérieuses d'inverser la tendance pour le transport individuel et de marchandises. Afficher la volonté de parvenir à une décroissance de notre consommation de pétrole ne suffit pas. Pour ceux qui ont conscience des risques à venir, il faut passer aux actes. Sommes-nous vraiment en capacité de changer ? Les responsables politiques ont sans doute un rôle plus déterminant encore que les acteurs économiques, de préférence en emportant l'adhésion du plus grand nombre.

La Commission européenne montre l'exemple en envisageant des réglementations sur le CO<sub>2</sub> émis par les véhicules ou l'extension des quotas au secteur des transports. Les engagements du gouvernement français pour 2050 (facteur 4) peuvent-ils être tenus au rythme des mesures actuelles ? Sans doute pas grâce aux transports... Annoncée comme une mesure « phare » du Plan climat, l'étiquette « énergie/CO<sub>2</sub> » apposée sur les voitures mises en vente s'avère peu efficace. Son affichage est diversement respecté par les professionnels, et l'ADEME constate au bout d'un an que la consommation de carburant est un critère de choix pour seulement 22 % des acheteurs et un outil d'incitation pour 13 % des vendeurs !

Le Grenelle environnement initiera-t-il des changements profonds et durables ? À défaut, il nous faudra attendre la flambée inévitable des prix du pétrole pour contraindre les pays à opérer de véritables substitutions. On préférerait que la prévention ou le principe de précaution si justement mis en avant pour la sécurité routière soient aussi appliqués pour la crise énergétique à venir et l'effet de serre. ■

**Didier Pillot**



# Énergie et habitat

## Des économies d'énergie à domicile

**En France, l'habitat consomme près de la moitié de l'énergie finale. Une politique volontariste appliquée à l'ensemble du secteur permettrait de diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre (cible F4) d'ici 2050.**

MINDJID MAÏZIA<sup>1</sup>, JEAN-PIERRE TRAISNEL<sup>2</sup>

1) MAÎTRE DE CONFÉRENCES À L'UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE. 2) INGÉNIEUR DE RECHERCHE AU CNRS.

L'éventail technologique et incitatif pour réduire les consommations d'énergie dans le logement existe déjà. Il est vaste et n'attend plus qu'une prise en main par les acteurs concernés. Là réside la difficulté majeure d'une politique volontariste de réduction des émissions de gaz à effet de serre appliquée à l'habitat (cf. encadré 1).

Commenter les efforts en matière d'économie d'énergie dans le bâtiment, notamment dans le secteur résidentiel, revient généralement à présenter des exemples de bâtiments récents exemplaires pour leur très faible consommation – ou, mieux, pour leur surproduction d'énergie. Or, les enjeux qui permettront à ce secteur de réduire considérablement le niveau de ses dépenses énergétiques se situent plutôt dans les actions futures sur l'ensemble du patrimoine actuel.

Le parc existant continuera à se renouveler fort peu – environ 1 % par an avec une érosion approchant 0,1 % – et constituera encore le segment le plus important à l'horizon 2050. Si rien n'est fait, on arrivera, au mieux, à stabiliser les consommations totales à leur niveau actuel (cf. encadré 2). Outre cette très forte inertie, il faudra compter sur le prolongement de l'augmentation

progressive du confort de l'habitat observée depuis près d'un demi-siècle, notamment en termes de surface habitable et de niveau d'équipement des ménages – par exemple, l'introduction des appareils multimédias dans le logement, l'augmentation des éclairages indirects, etc.

La réglementation thermique de 1974 concernant un tiers des logements a permis de ramener les consommations moyennes de chauffage (1) pour les logements les plus récents à environ 75 kWh/m<sup>2</sup>/an, alors que les deux tiers restants demeuraient à des niveaux pouvant dépasser 270 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Sil'on se concentre sur le chauffage, il nous faudra atteindre, en 2050, pour la totalité du parc, un

niveau moyen à la hauteur de celui des bâtiments parmi les plus performants à l'heure actuelle (2). Les enjeux sont pour ces raisons considérables et l'on pourrait à la lecture de ce tableau rapide considérer qu'on devrait, dès aujourd'hui, renoncer à réduire les consommations de ce secteur (cf. Figure 1). Or, rien n'est moins sûr, surtout lorsqu'on admet que l'ampleur des potentiels d'économie disponibles est proportionnelle à tous ces enjeux.

Les potentiels d'économie concernent au moins trois niveaux : technologique, comportemental et urbain.

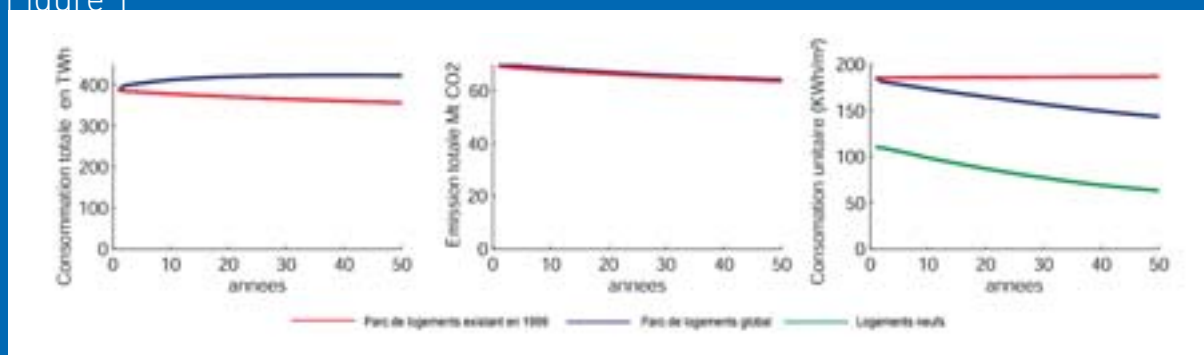
Les dispositifs techniques disponibles sur le marché peuvent, à eux seuls, réduire les consommations et atteindre la cible F4 (cf.

### Encadré 1

#### LE BÂTIMENT DOIT RÉDUIRE SES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

La France, en signant le protocole de Kyoto qui a fixé pour la première fois un objectif international de réduction des émissions de gaz à effet de serre, s'est engagée à ramener ses émissions en 2010 au niveau de celles de 1990. Le secteur du bâtiment doit ainsi intégrer l'objectif de division par 4 (cible F4) de ses émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 défini le 13 juillet 2005 par la loi de programme fixant les orientations de l'énergie.

Figure 1



Consommations finales (en TWh), émissions totales en million de tonnes (Mt) de CO<sub>2</sub> du parc et consommations moyennes unitaires (en kWh/m<sup>2</sup>) selon un scénario du «laisser-faire». Source : M. Maizia, Prospectives des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'habitat, cahier du CLIPN°18, 2007.

encadré 1). Par leur diversité, ils ne nécessitent aucune rupture technologique mais seulement une plus grande pénétration dans les filières de la construction, notamment de la réhabilitation.

Ils concernent deux volets : l'amélioration des niveaux d'isolation des enveloppes bâties et le remplacement ou la substitution des systèmes de production, de distribution et de diffusion de l'énergie. L'amélioration de l'isolation est assez aisément concevable sur le segment des logements construits entre 1950 et 1974 qui représente un tiers du parc. Une réhabilitation thermique permettrait (3) de réduire de 15 % les consommations totales de ce segment en 2050 (4).

Cette réhabilitation pourrait prendre la forme d'une isolation renforcée par l'extérieur lorsque la

qualité architecturale le permet (5) ou lorsqu'on cherche à conserver les surfaces habitables, notamment dans le logement collectif. Elle viendrait en complément à l'isolation des ouvertures – doubles vitrages actifs et sélectifs –, des toitures et/ou des combles et des soubas-

sements – caves, vides sanitaires, etc.

En ce qui concerne les systèmes de production, les gisements y sont également très élevés.

À minima, leur remplacement naturel en fin de vie profiterait de l'amélioration attendue des ren-

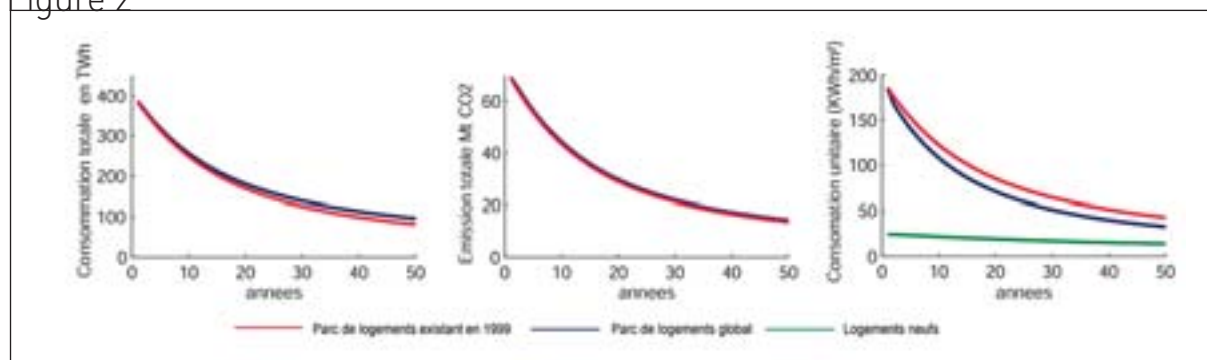
&gt;&gt;&gt;

## Encadré 2

### LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DU BÂTIMENT

Constitué des logements résidentiels, des immeubles de bureaux, de commerces, des équipements publics ou privés, le secteur du bâtiment représente, pour la France, 46 % des consommations d'énergie finale. Depuis 1990, les consommations totales du secteur augmentent légèrement, en raison notamment du développement du parc immobilier et de la hausse des besoins d'électricité. Elles s'élèvent aux environs de 550 térawatt-heure (TWh) par an soit 555 milliards de kilowatt-heure.

Figure 2



Consommations finales (en TWh), émissions totales en million de tonnes (Mt) de CO<sub>2</sub> du parc et consommations moyennes unitaires (en kWh/m<sup>2</sup>) selon un scénario d'équipement en pompe à chaleur et de réhabilitation du parc total. Source : M. Maïzia, Prospectives des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'habitat, cahier du CLIPN°18, 2007.

»» dements, principalement de production et de diffusion. Même s'il paraît difficile de dépasser les rendements actuels des systèmes électriques, on attend un net accroissement de ceux des autres combustibles, surtout le gaz. S'approchant en moyenne d'un rendement de 80 % en 2050, le gain et la réduction des émissions seraient alors, sans modification du mix énergétique (6), de l'ordre de 25 %.

À *maxima*, on atteindrait plus aisément la cible F4 si l'on procédait à leur substitution par des technologies à faibles contenus CO<sub>2</sub>. Tous les scénarios modifiant ce mix énergétique en faveur d'un jeu de combinaison de technologies fondées sur le bois, le solaire ou la géothermie (hybride avec le solaire) montrent que les cibles de réduction des émissions sont aisément accessibles même lorsqu'on ne

cherche pas à aboutir à une pénétration totale dans le parc (cf. Figure 2). À ce stade, on peut craindre qu'une réduction importante des niveaux de consommation dans le logement n'entraîne un relâchement des comportements, moins contraints économiquement, à l'image de celui que l'on observa dans les années 1980 avec la progression de l'électrification du chauffage. Cet effet « rebond » ne dépasserait pas les gains et demeurerait borné par les conditions de confort recherché par les habitants. Si l'on peut attendre que ces derniers augmentent le niveau des températures intérieures (7), on n'imagine mal qu'il dépasse des valeurs raisonnables. Ces comportements seront néanmoins contraints par l'augmentation prévisible du coût de l'énergie surtout après une forte sensibilisation des

habitants – en l'occurrence grâce à la généralisation des diagnostics de performances énergétiques dans le bâtiment.

Les leviers urbains comme l'augmentation de la compacité du bâti (8) ou la mise en réseau de la distribution d'énergie permettraient de compléter, au-delà des espérances, la panoplie disponible pour maîtriser les consommations des logements.

La mise en réseau constitue, en effet, un vrai accélérateur de la substitution à grande échelle vers des énergies à faible contenu CO<sub>2</sub> ou à fort rendement. Ils permettent, entre autres avantages, de donner la main aux politiques locales de maîtrise de l'énergie – et de leur corollaire dans le secteur des transports. ■

**Mindjid Maïzia, Jean-Pierre Traisnel**

## → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Le chauffage représente 75 % des consommations énergétiques de l'habitat. La consommation moyenne s'approche de 190 kWh/m<sup>2</sup>/an (cette unité de mesure de la consommation énergétique par unité de surface et par an sert à calculer la performance énergétique d'un bâtiment).

2. Soit 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

3. En réduisant de 20 % les consommations par rapport à la moyenne nationale des logements.

4. Au rythme de 0,8 % par an et le double si l'on adoptait un rythme de 2,5 %.

5. Dans le cadre de politique d'amélioration de l'habitat.

6. Le mix énergétique, ou bouquet énergétique, est la proportion des différentes sources (nucléaire, charbon, pétrole, éolien, solaire...) dans la production d'énergie.

7. La réglementation les fixe à 19 °C alors qu'elles sont plutôt proches de 21 ou 23 °C.

8. La compacité d'un bâtiment représente le rapport entre son volume et l'aire de son enveloppe.



© ISABELLE ESSELIN/POTOMAC.COM

**EN LIBRAIRIE DEPUIS  
MAI 2007**

Chronique de la longue gestation de SOLEIL, ce livre se veut surtout le témoignage du combat mené par les promoteurs du projet et de la solidarité qui s'est manifestée entre producteurs et utilisateurs de ce très grand équipement, source d'un rayonnement capable de sonder la matière.

Agnès TRAVERSE

## LE PROJET SOLEIL

*Chronique et analyse d'un combat*



L'Harmattan

# Quels indicateurs bibliométriques pour quelle évaluation ?

La récente décision de la direction du partenariat du CNRS de faire remplir par chaque chercheur ou enseignant-chercheur une fiche de données individuelles avec des tableaux d'indicateurs bibliométriques pose la question de la place de ces critères dans l'évaluation de la recherche, des laboratoires et des chercheurs (1).

FRÉDÉRIC BAUDIN<sup>1</sup>, JACQUES BERTOGLIO<sup>2</sup>, JACKY KISTER<sup>3</sup>, SYLVIE PITTIA<sup>4</sup>

1) ASTRONOME ADJOINT AU CNAP, MEMBRE DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE DU SNCS.

2) DIRECTEUR DE RECHERCHE À L'INSERM, PRÉSIDENT SNCS DE LA CSS 2.

3) DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS, MEMBRE DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE DU SNCS.

4) PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS, SECRÉTAIRE NATIONALE DU SNESUP.



→ **Jacky Kister** : Le principal biais des indicateurs bibliométriques consiste à dissocier l'évaluation individuelle de celle du collectif. C'est une erreur de fond de la direction du CNRS de séparer, notamment au sein du Comité national, l'analyse des individus de celle des laboratoires ou des communautés. Viser la reconnaissance individuelle par ce genre d'outil revient à nier le rôle du collectif. En chimie, science pluridisciplinaire par excellence, le problème est de savoir où se situent les frontières de la discipline et si elles correspondent au découpage du Comité national. Où placer les interfaces, les facteurs d'impact des différentes disciplines et comment évaluer les articles

en ligne ? Actuellement, on n'apporte pas de réponses à ces interrogations. Des outils statistiques permettent dans une communauté de chercheurs de détecter ceux qui sont dans un domaine technologique, innovant ou sociétal et ceux qui sont plus « fondamentaux ». Avec cet outil, le CNRS pourrait regarder comment évolue une communauté. En chimie, notamment, l'individu n'existe que par sa communauté ou par son laboratoire : on n'existe pas tout seul.

→ **Sylvie Pittia** : Cette dernière remarque n'est sans doute pas forcément vraie dans tous les champs épistémologiques. En lettres, en langues, en SHS, les collègues sont

attachés à ce qu'on préserve une place mesurée pour les recherches individuelles ou en marge du laboratoire vécues comme une forme de liberté académique.

→ **Jacky Kister** : En SHS, c'est différent. Cette évaluation basée sur les indicateurs bibliométriques – cela sera mon deuxième point – ne prend pas en compte l'interdisciplinarité, les aspects technologiques, les communications-conférences et les échanges entre chercheurs. Elle restreint le rôle du chercheur à faire des publications avec facteur d'impact. Point final. Le CNRS commet une erreur stratégique en se limitant à ces indicateurs. Le Web of science créé

par l'US Air Force pour orienter et piller la science internationale ne tient pas compte de certains journaux, des communautés ou des disciplines émergentes. Il faut un nombre important de citations d'un journal pour y figurer. Autrement dit, une communauté assez grande. Ce système exclut un grand nombre de domaines interdisciplinaires et tout ce qui relève des recherches innovantes, des transferts de technologies, de l'interface, de la création de valeur au sens économique du terme ainsi que les brevets : c'est toute l'intelligence économique. Faut-il abandonner ses partenariats industriels qui retardent parfois les délais de publication pour se concentrer sur quelques domaines et sortir ses publis de classe A ?

→ **Jacques Bertoglio** : Proches des laboratoires et des chercheurs, les sections de l'INSERM et du Comité national savent prendre en compte les contrats industriels d'une équipe et le fait qu'elle ne peut pas publier à cause de ces contrats. En biologie, ces index bibliométriques représentent une avancée par rapport aux facteurs d'impact sur lesquels on se basait initialement. Tous les articles de *Nature* ne représentent pas des avancées scientifiques, et un papier d'une revue spécialisée peut contenir de l'information utilisée et citée par la communauté. Plus on est éloigné de l'objet de l'évaluation, plus on se base sur des « indicateurs » parce que l'on n'a pas les moyens de juger de l'objet à évaluer. Ce ne sont pas les indicateurs qui font problème, c'est ce que l'on en fait. Et je ne parle même pas de leur utilisation par les médias : cf. le récent article des *Échos* et le classement de Shanghai. Les commissions scientifiques ont la capacité d'intégrer ces critères – ce qui n'est pas forcément mauvais – et de les pondérer avec d'autres éléments à prendre en compte dans l'évaluation qui doit rester au plus près des disciplines. Mais ces indices, index de la performance passée, ne permettront jamais d'évaluer le potentiel d'un projet.

→ **Frédéric Baudin** : La plupart de ces indices sont basés sur des citations et tout travail réellement novateur sera moins cité que des travaux plus « classiques ». Ces indices sont actuellement mis en avant parce qu'ils permettent à des technocrates loin du sujet de réaliser une évaluation. Il faut souligner l'insuffisance qualitative de ces critères et rappeler que l'on souhaite une évaluation complète qui ne peut se faire que par les pairs. Un indice ne renseigne que sur un aspect de la recherche d'une personne ou d'une institution. On aura beau le modifier, il ne pourra jamais donner une vue d'ensemble. L'indice h très à la mode [2] est l'un des plus facilement manipulables parce qu'il ne tient pas compte de l'auto-citation.

→ **Jacky Kister** : Ni de la citation croisée, c'est-à-dire les fausses collaborations. La notion de moyenne est une aberration statistique. Il n'y a pas de facteur moyen puisque les taux des facteurs d'impact ne sont pas constants pour un journal donné. Il faut quelques indicateurs de base simples. L'expert qui les utilise pourra être critiqué s'il le « fait mal » volontairement.

→ **Sylvie Pittia** : Le champ de l'évaluation en sciences humaines n'est pas encore complètement investi par ces indices bibliométriques et encore moins par les facteurs d'impact. Notre communauté, très critiquée par rapport à tout ce qui s'apparente à une évaluation quantitative, souhaite que soient privilégiés l'examen de listes de publications et une approche qualitative de ces publis. Ces critères nous apparaissent très en décalage par rapport à nos champs disciplinaires. Cette méfiance est due en partie à la méconnaissance de l'utilisation réelle de ces critères dans les autres secteurs épistémologiques. Elle se nourrit également du fait que leur élaboration nous apparaît toujours comme plaquée, héritée d'autres champs de la connaissance. L'élaboration même des méthodes semble toujours infligée au SHS sans prise en compte

véritable de la nature de ses travaux et de ses méthodes de publication. En SHS par exemple, la liste des auteurs respecte l'ordre alphabétique : un très bon chercheur qui a le malheur de s'appeler Zorro n'apparaîtra jamais en premier auteur ! Et les délais de publication sont très longs – parfois 24 mois – alors que ces indicateurs mesurent déjà à retardement les connaissances nouvelles.

→ **Jacky Kister** : En chimie, les délais varient entre 6 mois et 2 ans. Dans une recherche particulièrement pointue et orientée avec des objectifs de recherche sociétale, ils sont encore plus problématiques.

→ **Jacques Bertoglio** : Ce n'est pas tout à fait le cas en biologie où les délais sont de plus en plus courts notamment avec la mise en ligne : des articles peuvent « sortir » en 6 à 8 semaines. Mais il est vrai que le cumul des citations s'obtient au fil des ans et non pas dans l'année qui suit la publication.

→ **Sylvie Pittia** : La plus grande erreur serait d'imposer un modèle unique à tous les champs épistémologiques. On est mal à l'aise quand on doit comparer sur la base d'un modèle bibliométrique commun un chimiste et un spécialiste de génie thermique par exemple.

→ **Frédéric Baudin** : En astronomie, à mon niveau de simple chercheur sans responsabilités d'évaluateur, les indices représentent quelque chose de relativement nouveau. Avant on ne parlait que de listes de publis et je suis effaré par leur utilisation excessive. Comparer des indices d'une communauté à l'autre n'a effectivement pas de sens. Au sein même d'une discipline, même si les indices peuvent parfois se recouper, il existe des différences notables. Par exemple, un chercheur associé à gros projet comme en astrophysique aura forcément des indices très différents d'un théoricien qui travaille en solitaire. On constatera également des indices différents si on s'intéresse aux articles d'un chercheur

&gt;&gt;&gt;



» cité en premier ou en deuxième auteur. Typiquement, un directeur de thèse très bon chercheur avec un grand nombre de publiés qui laisse ses étudiants en premier auteur n'aura pas un bon indice bien qu'il soit un excellent chercheur et qu'il forme d'autres chercheurs.

→ **Jacky Kister** : À l'intérieur de la chimie, vouloir comparer un chercheur en organique et un autre en analytique ou un théoricien – avec des journaux et des communautés différents – pose déjà problème. Comparer des facteurs d'impact, des taux de citation dans des communautés ou des sous-disciplines très différentes, c'est complètement explosif ! Il faut distinguer l'aspect officiel des indicateurs dont certains sont parfaitement définis dans la base ISI et l'utilisation quand font certains experts. Quand on commence à diviser des productions scientifiques, des facteurs d'impact par des nombres de personne, d'auteur, etc., on crée des indicateurs à géométrie variable en fonction de l'objectif et du pilotage souhaité, ce qui me semble le cas pour certaines décisions du CNRS. Il existe d'autres critères pour mesurer la science qui prennent en compte l'aspect sociologique – la création du groupe, la synergie entre les chercheurs. Les sciences de l'information qui étudient ces domaines montrent que ce n'est pas en réunissant de très bons chercheurs avec le meilleur taux d'impact et de citation possible que l'on fait un bon labo qui avance. C'est particulièrement vrai en chimie.

→ **Frédéric Baudin** : Un autre aspect du retard dans l'évolution d'un indice bibliométrique touche particulièrement les jeunes chercheurs. Il faut attendre un temps d'intégration assez long pour que l'indice bibliométrique ait une bonne signification pour un jeune cher-

cheur. Je n'ose pas imaginer que l'on puisse utiliser de manière intensive ces indices pour le recrutement.

→ **Jacques Bertoglio** : Dans les commissions INSERM, on ne se sert de ces indicateurs que pour les promotions DR2 ou les passages DR1 mais pas pour les CR.

→ **Frédéric Baudin** : Pour les promotions, des sections du Comité national utilisent toute une palette d'indices dont certains fabriqués *ad hoc* pour tenter de pallier l'inefficacité ou l'inadéquation d'un indice unique.

→ **Jacques Bertoglio** : Je crois que ces indicateurs ont leur utilité dans l'évaluation de structures relativement importantes pour savoir si globalement les performances se trouvent au niveau des financements qu'elles reçoivent.

→ **Sylvie Pittia** : Il ne faudrait surtout pas que les réticences que l'on peut marquer vis-à-vis de tel ou tel indicateur puissent être interprétées comme un refus d'être évalué et de rendre des comptes aussi bien pour les laboratoires que pour les organismes. Quand on présente des résultats – liste de publications, de colloques, etc. – on n'a pas toujours l'impression d'en recevoir la contrepartie en crédits pour les laboratoires. Du coup, ces enquêtes sont ressenties comme de la paperasserie, une tâche supplémentaire inutile. Il faut mettre en avant les dangers d'un certain nombre d'utilisations de ces critères, en particulier vis-à-vis du milieu politique et de l'opinion publique. Ces données, pour l'essentiel chiffrées ou quantitatives, peuvent être livrées – on enseigne pourtant à nos étudiants de 1<sup>re</sup> année à ne pas le faire – totalement déconnectées de leur contexte

d'élaboration, de toute forme d'interprétation, d'expertise ou d'analyse. On glose sur le fait que telle université est meilleure que telle autre à partir de classements bruts sans comprendre comment ils ont été établis.

→ **Jacky Kister** : Une information n'a de valeur que quand elle est resituée dans son contexte. Il faut cesser de faire de l'élitisme par le facteur de citation, d'impact, le taux de citation ou autre : les sciences de l'info ont montré les limites de ces critères. Mettre en place un système où la carrière des chercheurs dépend d'indicateurs aveugles avec toutes leurs aberrations – avec notamment un référencement américain – pourrait créer un marché des citations comme il existe un marché des points de permis de conduire. Un laboratoire riche pourrait très bien payer un labo pauvre pour être cité et même payer de fausses collaborations.

→ **Sylvie Pittia** : Dans mon domaine, on a utilisé des critères fondés sur l'utilité économique immédiate pour justifier l'absence de financements et la réduction de la diversité des champs disciplinaires. Il faut savoir s'opposer – de façon solidaire entre les métiers de la recherche scientifique – à une logique complètement utilitariste, une vision appliquée de la recherche. Par-delà nos enrichissantes différences, nous souhaitons tous une expertise par les pairs au plus près des champs disciplinaires. Plus on éloigne l'évaluation de sa dimension qualitative – qui ne peut être produite que par des experts proches ou issus de la discipline – plus on prend le risque de connaître les manipulations qui ont été évoquées. ■

**Propos recueillis par  
Laurent Lefèvre**

## → NOTES/RÉFÉRENCES

1. Cf. courrier adressé par le SNCS au directeur général du CNRS : [www.snscs.fr/article.php3?id\\_article=989](http://www.snscs.fr/article.php3?id_article=989)

2. Créé par le physicien Jorge E. Hirsch, il signifie que l'auteur a h articles cités au moins h fois.

# LA VIE DE LA RECHERCHE (VRS)

## ABONNEMENT ANNUEL • 4 NUMÉROS PAR AN

☐ Individuel (25€)    ☐ Institutionnel (50€)

Prix au numéro : 8€

(Abonnement facultatif pour les adhérents du SNCS et du SNESUP)

Institution :

Nom :

Prénom :

Adresse :

Courriel :

Tél. :

Télécopie :

Mobile :

Dom. :

Merci de nous renvoyer ce bulletin complété avec votre règlement à l'adresse suivante :  
SNCS, 1 place Aristide Briand, 92195 Meudon Cedex.

## ADHÉSION

66 % de la cotisation est déductible de l'impôt sur le revenu.



☐ M<sup>me</sup>    ☐ M<sup>lle</sup>    ☐ M.

Nom :

Prénom :

Adresse professionnelle :

Courriel :

Tél. :

Télécopie :

Mobile :

Dom. :

Adresse personnelle :

Souhaitez-vous recevoir la presse du syndicat :

☐ au laboratoire    ☐ à votre domicile

EPST : ☐ CEMAGREF    ☐ CNRS    ☐ INED  
☐ INRA    ☐ INRETS    ☐ INRIA  
☐ INSERM    ☐ IRD    ☐ LCPC

EPIC (précisez) :

Autre organisme (précisez) :

☐ Délégation régionale :

☐ Administration déléguée :

☐ Section scientifique du Comité national :

☐ Commission scientifique spécialisée :

Grade :    Échelon :    Indice :

Section locale SNCS :

☐ ADHÉSION    ☐ RENOUVELLEMENT

**Prélèvement** automatique par tiers (février, juin, octobre) (n'oubliez pas de joindre un RIB ou RIP). **Chèque** à l'ordre du SNCS ou CCP 13904 29 S PARIS. • **Après du trésorier** de la section locale • **À la trésorerie nationale** : sncs3@cnrs-bellevue.fr — Tél. : 01 45 07 58 61.

Pour connaître le montant de votre cotisation, reportez-vous à la grille consultable sur le site du SNCS :

<http://www.sncs.fr/IMG/pdf/Bulletinadhesion2007.pdf>

**SYNDICAT NATIONAL DES CHERCHEURS SCIENTIFIQUES [SNCS-FSU]**

1, place Aristide-Briand — 92195 Meudon Cedex

Tél. : 01 45 07 58 70 — Télécopie : 01 45 07 58 51

Courriel : [sncs@cnrs-bellevue.fr](mailto:sncs@cnrs-bellevue.fr)

CCP SNCS 1390429 S PARIS — [www.sncs.fr](http://www.sncs.fr)

## FORMULAIRE 2006/07

☐ ADHÉSION  
☐ RENOUVELLEMENT  
☐ MODIFICATION

☐ M<sup>me</sup>    ☐ M<sup>lle</sup>    ☐

Nom

Prénom

Tél. (domicile/portable)

Établissement & Composante

Année de Naiss.

Tél./Fax (professionnel)

Discipline/Sec.CNU

Catég./Classe

Unité de Recherche (+ Organisme)

Courriel (très lisible, merci)

Adresse Postale (pour Bulletin et courriers)

**Si vous choisissez le prélèvement automatique**, un formulaire vous sera envoyé à la réception de votre demande et vous recevrez ensuite confirmation et calendrier de prélèvement. **La cotisation syndicale est déductible à raison de 66 % sur vos impôts** sur le revenu. **L'indication de votre adresse électronique usuelle** est de première importance, pour une information interactive entre le syndicat et ses adhérents, tant pour les questions générales, que pour le suivi des questions personnelles.

Les informations recueillies dans le présent questionnaire ne seront utilisées et ne feront l'objet de communication extérieure que pour les seules nécessités de la gestion ou pour satisfaire aux obligations légales et réglementaires. Elles pourront donner lieu à exercice du droit d'accès dans les conditions prévues par la loi n° 78-11 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés du 6 janvier 1978.

Date + Signature

**SYNDICAT NATIONAL DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR [SNESUP-FSU]**

78, rue du Faubourg Saint-Denis — 75010 Paris

Tél. : 01 44 79 96 10 — Télécopie : 01 42 46 26 56

Courriel : [accueil@snesup.fr](mailto:accueil@snesup.fr)

[www.snesup.fr](http://www.snesup.fr)



PRÊTS IMMOBILIERS,  
CRÉDITS CONSO,  
ÉPARGNE,

**SOLIDAIRE**  
DE VOS  
ENGAGEMENTS

ASSURANCES,  
SERVICES BANCAIRES,  
SOLIDARITÉ ET MUTUALISME

**LA** BANQUE DU MONDE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

**Crédit  Mutuel**

**Enseignant**

[www.cme.creditmutuel.fr](http://www.cme.creditmutuel.fr)

**N° Indigo 0 825 33 30 30**

0,15 € TTC/min