

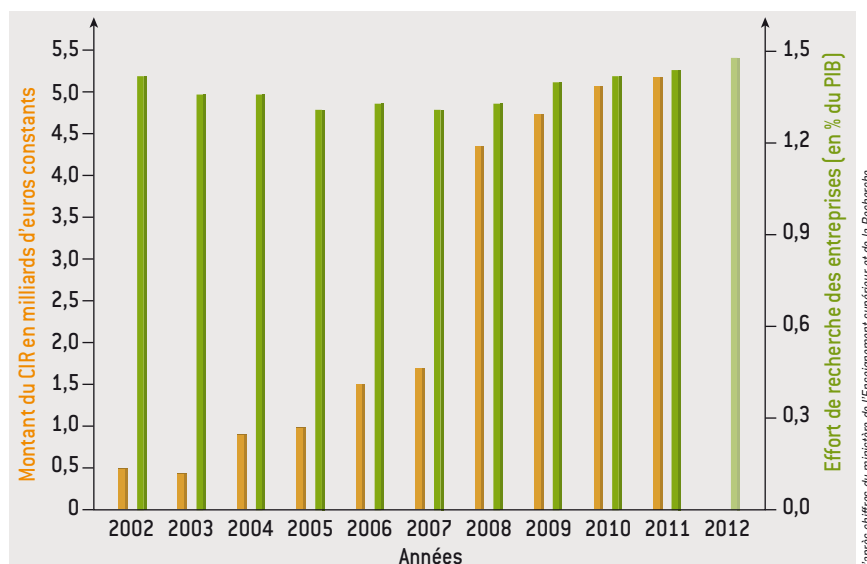
etc.). De plus, les modalités du CIR ayant changé au cours des ans, il est difficile d'en étudier les effets à long terme. Et la plupart des bilans détaillés ne couvrent que les années allant jusqu'en 2011, d'où un manque de recul.

De façon générale, le dernier rapport (juin 2014) de l'OCDE sur la politique d'innovation de la France n'est pas très flatteur sur la R&D française et la politique qui la régit. Et concernant le CIR, il affirme que son effet « n'est probablement pas à la hauteur de son coût pour l'État », bien qu'il reconnaisse un effet positif sur la R&D des entreprises. On peut tenter d'estimer cet effet à travers la part de la DIRDE dans le PIB, le produit intérieur brut. Selon les données du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, la part de la DIRDE a effectivement légèrement augmenté ces dernières années, passant de 1,31 % du PIB en 2007 à 1,48 % (chiffre provisoire) en 2012 (voir le graphique).

Ce n'est pas pour autant une augmentation spectaculaire, et d'aucuns jugent le résultat trop modeste par rapport au coût du CIR. Dans son rapport de juillet 2013, la Cour des comptes juge ainsi que cette évolution n'est pas « en proportion de l'avantage accordé aux entreprises ».

Toutefois, souligne R. Barré, une telle évolution, dans le contexte économique morose qui règne depuis 2008, est plutôt un bon signe : « On aurait pu craindre, compte tenu de la conjoncture générale, une diminution ou stagnation des dépenses de recherche des entreprises, comme dans la plupart des autres pays occidentaux. Or cela ne s'est pas produit, peut-être grâce au CIR. » De même, selon lui, le CIR a probablement freiné la délocalisation partielle des services de recherche des grandes entreprises, dans le cadre de leur développement sur les marchés porteurs à l'étranger.

L'un des reproches faits au CIR est que ce sont surtout les très grandes entreprises qui en bénéficient. De fait, en 2011, environ 43 % du CIR sont allés aux entreprises de plus de 2 000 salariés, qui assurent plus de la moitié de la R&D totale du secteur privé, et 31 % aux entreprises de moins de 250 salariés. Les sociétés de taille moyenne semblent



L'ÉVOLUTION DE LA DÉPENSE intérieure de recherche et développement des entreprises (DIRDE), en pourcentage du PIB, et celle du crédit d'impôt recherche (CIR), en milliards d'euros constants. Les montants du CIR n'intègrent pas les redressements effectués par l'administration fiscale qui, selon Franck Debaugé, directeur associé de la société de conseil ACIES et animateur de l'*Observatoire du CIR*, ont été en 2011 d'environ 400 millions d'euros.

défavorisées, mais cette situation ne fait que refléter la structure déséquilibrée du tissu industriel français, qui compte relativement peu d'entreprises de taille intermédiaire.

En tout cas, le CIR est plébiscité par les petites entreprises innovantes, à l'instar de *Supersonic Imagine*, une société créée en 2005 et qui développe des appareils novateurs d'imagerie par ultrasons en collaboration avec des chercheurs du CNRS. Jacques Souquet, son fondateur et président, en témoigne : « C'est un dispositif très utile pour les petites entreprises, qui n'existe pas aux États-Unis, et il est pour nous un *booster* important. » Sa société dépense en R&D environ 6 millions d'euros par an et bénéficie de 1,4 million d'euros de CIR. « Une remise en question du CIR serait dramatique pour nous », ajoute-t-il.

En ce qui concerne l'emploi scientifique, les statistiques du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche font état d'une augmentation régulière du nombre de chercheurs travaillant dans la R&D privée (d'environ 120 000 en 2007 à plus de 150 000 en 2012). Mais pour les jeunes docteurs, toujours boudés par les entreprises françaises au profit des ingénieurs, le tableau

est moins rose, malgré l'incitation financière du CIR. « L'embauche de jeunes docteurs a augmenté de quelque 700 docteurs par an à environ 1 200-1 400 », indique Pierre Bitard de l'ANRT (Association nationale de la recherche et de la technologie). « Mais ce chiffre reste faible, sachant que plus de 10 000 nouveaux docteurs entrent sur le marché chaque année. Tout n'est pas qu'une question d'argent. »

Ainsi, il existe probablement des effets positifs du CIR sur la R&D des entreprises, mais ils restent à évaluer de façon plus complète et approfondie. Et les nombreux rapports parus sur ce dispositif montrent qu'il est perfectible, que ce soit pour le simplifier, limiter son coût et les effets d'aubaine – voire la fraude –, améliorer son ciblage, faciliter son évaluation, etc. Reste que cela ne résoudra pas les difficultés de la recherche publique, qui n'ont qu'un rapport lointain avec le CIR.

Maurice MASHAAL est rédacteur en chef de Pour la Science.

Liens vers les rapports mentionnés :
<http://tinyurl.com/k4oocka>,
<http://tinyurl.com/mfnzmzs>,
<http://tinyurl.com/phl2zn8>

ENTRETIEN

Comment nous sommes entrés dans l'Anthropocène

Entretien avec Jean-Baptiste FRESSOZ

En 2002, le Néerlandais Paul Crutzen, prix Nobel de chimie en 1995 pour ses travaux sur la couche d'ozone, proposa dans la revue *Nature* d'ajouter un nouvel âge à l'histoire géologique de la Terre : après l'Holocène, qui a débuté il y a 11 500 ans, « il semble approprié de nommer "Anthropocène" l'époque géologique présente, dominée à de nombreux titres par l'action humaine ». Du grec *anthropos*, « être humain », et *kainos*,

« récent, nouveau », le terme désigne la nouvelle période des humains, l'âge de l'homme. Pour P. Crutzen, ce nouvel âge commence en 1784, date du brevet de James Watt sur la machine à vapeur, symbole des débuts de la révolution industrielle. Depuis, le concept d'Anthropocène connaît un grand succès scientifique et public. Mais que recouvre-t-il précisément ? Dans leur ouvrage *L'événement anthropocène* paru récemment

[Seuil, 2013], Jean-Baptiste Fressoz, historien des sciences au CNRS et maître de conférence au King's College de Londres, et Christophe Bonneuil, historien des sciences au CNRS, apportent un éclairage historique sur cette notion. J.-B. Fressoz nous explique ici en quoi la compréhension de l'avènement de l'Anthropocène est indispensable pour appréhender les enjeux de cette nouvelle ère et orienter nos actions.



© Emmanuelle Marchadour

POUR LA SCIENCE

Quels sont les arguments justifiant d'ouvrir une nouvelle ère géologique qui aurait débuté avec la révolution industrielle ?

JEAN-BAPTISTE FRESSOZ : Par rapport à 1750, du fait des activités humaines, l'atmosphère s'est « enrichie » de 150 pour cent de méthane (CH_4), de 63 pour cent de protoxyde d'azote (N_2O) et de 43 pour cent de dioxyde de carbone (CO_2). Concernant ce dernier gaz, sa concentration est passée de 280 parties par million à la veille de la révolution industrielle à 400 en 2013, soit un niveau inégalé depuis trois millions d'années. De nouveaux gaz sont aussi entrés dans la composition de l'atmosphère depuis 1945 : les gaz fluorés tels les chlorofluorocarbures, utilisés jusque dans les années 1990 dans les réfrigérateurs et les bombes à aérosols.

Tous ces gaz sont dits « à effet de serre » : ils retiennent la chaleur que la Terre évacue vers l'espace. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit

ainsi une hausse de température de 1,5°C à 6°C entre 1800 et la fin du XXI^e siècle.

Un deuxième élément est l'effondrement de la biodiversité. Ces dernières décennies, le taux de disparition des espèces est 100 à 1 000 fois supérieur à la normale géologique : les biologistes parlent de la « sixième extinction massive » depuis l'apparition de la vie sur Terre.

PLS

D'autres transformations témoignent-elles d'une influence humaine majeure sur la planète ?

J.-B. F. : Oui, et elles sont nombreuses ! L'altération des cycles bio-géochimiques de l'eau, de l'azote et du phosphate, tous aussi essentiels que celui du carbone et tous passés sous l'emprise humaine au cours des deux derniers siècles, est particulièrement emblématique.

Selon une étude menée en 2005 par Christer Nilsson, de l'Université d'Umeå, en Suède, et ses

collègues, la modification du cycle continental de l'eau est sans équivoque : la moitié des zones humides de la planète sont drainées et 45 000 barrages de plus de 15 mètres de haut retiennent 6 500 kilomètres cubes d'eau, soit 15 pour cent du flux hydrologique des rivières du globe.

Le cycle de l'azote a été modifié de façon radicale par l'industrialisation (les combustions associées libèrent des oxydes d'azote, lesquels augmentent l'effet de serre) et par le procédé Haber-Bosch, utilisé depuis 1913 pour transformer l'azote atmosphérique en azote assimilable par les plantes (engrais). Le monoxyde d'azote libéré par les engrais accentue l'effet de serre, et les produits azotés en excès (urée, nitrates) polluent les nappes d'eau, rivières et estuaires, perturbant leurs écosystèmes. La quantité moyenne d'azote introduit chaque année dans le cycle par les activités humaines est supérieure à celle de l'azote produit naturellement par la biosphère, et pourrait être doublée en 2050, selon une étude publiée en 2007 par le physicien britannique de