

L'innovation est essentielle pour permettre à l'industrie de conserver sa compétitivité à l'échelle internationale.

Renato Hyuda de Luna Pedrosa et Hernan Chaimovich



Ce laboratoire a recours à la technique du dessalement pour rendre potable l'eau des océans. Il est situé à Bertioga, dans l'État de São Paulo.

Photo : © Paulo Whitaker/Reuters

8. Brésil

Renato Hyuda de Luna Pedrosa et Hernan Chaimovich

INTRODUCTION

Le ralentissement économique pourrait compromettre les acquis récents

L'économie brésilienne connaît un net ralentissement depuis 2011, après presque dix ans de croissance et une brève reprise, en 2010, au lendemain de la crise financière mondiale de 2008-2009 (figure 8.1). Ce ralentissement a eu pour cause un affaiblissement des marchés internationaux des matières premières, dont dépend fortement le Brésil, combiné aux effets pervers de politiques économiques conçues pour stimuler la consommation. En raison de ces dernières, les dépenses publiques ont fini par dépasser largement les recettes publiques : en 2014, le Brésil enregistrait un déficit primaire de plus de 0,5 % de son PIB pour la première fois en seize ans, déficit qui favorise l'envolée du taux d'inflation annuel à plus de 6 % depuis 2013. L'économie brésilienne a stagné en 2014 (0,1 % de croissance du PIB), et les perspectives sont encore plus sombres pour 2015 : selon les prévisions du Ministère des finances, publiées en avril dernier, l'économie devrait se contracter de 0,9 %.

Depuis sa réélection en novembre 2014, la Présidente Dilma Rousseff a procédé à une réforme des politiques macroéconomiques nationales. Le nouveau Ministre des finances, Joaquim Levy, a mis en place ou proposé une série de mesures destinées à réduire les dépenses et à accroître les recettes fiscales, en vue d'obtenir un excédent primaire de 1,2 % en 2015¹. Les taux d'intérêt ont été relevés deux fois depuis l'élection de novembre (à 12,75 %) pour tenter de juguler l'inflation, qui atteignait 8,1 %

1. Face aux difficultés rencontrées pour obtenir le soutien du Congrès au sujet des politiques budgétaires proposées par M. Levy, l'excédent primaire visé a été revu à la baisse, à 0,15 % du PIB, en juillet 2015. Les prévisions récentes évoquent une contraction du PIB de 1,5 % au moins pour 2015.

sur douze mois fin mars 2015. Pour aggraver les choses, le géant pétrolier Petrobrás, contrôlé par l'État, est actuellement confronté à une crise liée à une mauvaise gestion et à un scandale de corruption, qui a pris une tournure politique avec l'implication de plusieurs personnalités politiques de premier plan. Fin avril 2015, Petrobrás a finalement publié son rapport annuel pour 2014, dans lequel il fait état de pertes excédant 50 milliards de réaux (BRL, environ 15,7 milliards de dollars É.-U.), dont 6 milliards liés au scandale de corruption.

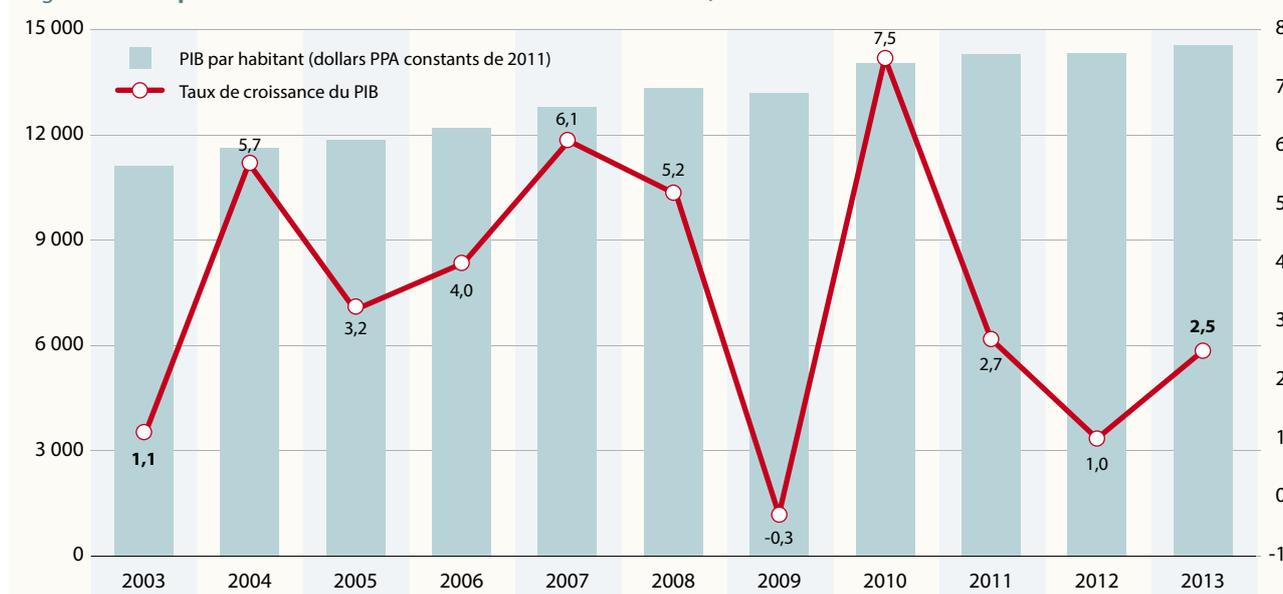
C'est dans ce contexte économique et politique que le Brésil s'efforce d'entretenir le mouvement de réformes de son système national d'innovation, notamment en ce qui concerne les politiques sociales.

L'inclusion sociale progresse plus lentement

Le ralentissement de l'économie commence à peser sur l'inclusion sociale, qui était l'une des grandes réussites brésiennes, notamment durant l'essor des matières premières jusqu'en 2010, lorsque le pays était quasiment parvenu à éliminer la faim et l'extrême pauvreté, réduisant ainsi l'écart des revenus. Entre 2005 et 2013, le taux de chômage a reculé de 9,3 % à 5,9 %.

Des données les plus récentes suggèrent que ce cycle de croissance toucherait désormais à sa fin. D'après le *Panorama social de l'Amérique latine* publié par la Commission économique des Nations Unies pour l'Amérique latine et les Caraïbes (CEPALC, 2014a), le Brésil a réduit son taux de pauvreté d'un tiers entre 2003 et 2008, puis la progression a ralenti entre 2008 et 2012, avant de stagner en 2013. Des données préliminaires suggèrent même que l'extrême pauvreté aurait regagné du terrain, car elle touchait 5,9 % de la population en 2013, contre 5,4 % l'année précédente. Bien qu'il ait réussi à réduire ses taux de

Figure 8.1 : PIB par habitant et taux de croissance du PIB au Brésil, 2003-2013



Source : Banque mondiale, Indicateurs du développement dans le monde, mai 2015.

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

pauvreté plus vite que le reste de l'Amérique latine, le Brésil n'a pas encore rejoint les pays en tête du classement régional pour cet indicateur, à savoir l'Uruguay, l'Argentine et le Chili (CEPALC, 2014a).

La productivité de la main-d'œuvre stagne

Une autre étude récente (CEPALC, 2014b) indique que l'augmentation des dépenses sociales des gouvernements d'Amérique latine ne s'est pas traduite par une amélioration de la productivité de la main-d'œuvre, contrairement à ce que l'on a observé dans les pays à revenu élevé, à l'exception notable du Chili, où la productivité de la main-d'œuvre a presque doublé entre 1980 et 2010.

Si l'on compare le Brésil à d'autres économies émergentes, son expérience se rapproche de celles de la Fédération de Russie et de l'Afrique du Sud, où la productivité de la main-d'œuvre stagne depuis 1980. La Chine et l'Inde, en revanche, ont remarquablement amélioré la leur en dix ans, alors qu'elles étaient parties de plus bas (Heston *et al.*, 2012).

Même l'essor des matières premières entre 2004 et 2010 n'a eu aucun effet. Les mauvais résultats du Brésil même durant ce cycle de croissance s'expliquent en partie par le fait que la croissance économique pendant cette période est venue, pour l'essentiel, de l'industrie des services. Ce secteur requérant moins de compétences, la productivité moyenne des employés a chuté.

Le gouvernement a adopté diverses politiques visant indirectement à stimuler la productivité de la main-d'œuvre. Le *Plan national d'éducation 2011-2020* fournit des incitations au développement de l'éducation de base et de la formation professionnelle : les nouveaux programmes lancés en 2011 financent la formation professionnelle de la main-d'œuvre peu qualifiée et proposent des bourses de l'enseignement supérieur. La double réforme des systèmes publics de retraite et d'assurance-chômage, en 2012, assortie d'une réduction du coin fiscal sur le travail, visait à encourager la population à travailler dans l'économie formelle, plus

propice à l'innovation que le secteur informel (OCDE, 2014). Les politiques publiques de fond conçues spécialement pour aider les entreprises brésiliennes à rattraper leurs concurrents sur le front technologique semblent cependant rares, voire inexistantes. Les niveaux de productivité étant une indication du taux d'absorption et de création de l'innovation, la faiblesse des niveaux brésiliens laisse penser que le pays n'est pas parvenu à mettre l'innovation au service de la croissance économique².

TENDANCES EN MATIÈRE DE GOUVERNANCE DE LA STI

Des organisations sociales plus souples pour réduire les formalités administratives

Les universités et instituts publics de recherche du Brésil sont régis par des règles strictes qui ont tendance à rendre leur gestion très difficile. Les États peuvent décider d'instituer leurs propres systèmes d'universités et d'instituts de recherche, mais, les lois et règlements étant adoptés à l'échelle fédérale, ils sont tenus d'observer les mêmes lois et règlements. Ils rencontrent donc tous les mêmes difficultés : structures bureaucratiques importantes ; obligation de recruter le personnel (universitaire ou autre) au sein de la fonction publique ; échelons de carrière et systèmes de salaire analogues ; mouvements de fonds irréguliers ; procédures de passation de marchés excessivement complexes ; et puissants syndicats de la fonction publique, entre autres.

Une autre structure a été mise en place en 1998, avec la création des organisations sociales. Ces entités privées à but non lucratif gèrent les établissements publics de recherche sous contrat avec des agences fédérales. Elles peuvent librement embaucher (ou licencier) du personnel, sous-traiter des services, acheter du matériel, choisir les thèmes et les objectifs des recherches

2. La relation entre innovation et développement économique, dont fait partie la productivité, est au cœur de la théorie économique et des études empiriques modernes sur le développement. On trouvera une bonne étude du sujet dans Aghion et Howitt (1998).

Encadré 8.1 : L'Institut brésilien de mathématiques pures et appliquées

L'Institut de mathématiques pures et appliquées (IMPA) de Rio de Janeiro a vu le jour en 1952, dans le cadre du Conseil national de la recherche (CNPq) du Brésil. Dès le départ, l'IMPA a eu pour mission d'effectuer des recherches mathématiques de haut niveau, de former de jeunes chercheurs et de diffuser le savoir mathématique dans la société brésilienne.

Depuis 1962, son programme d'études supérieures a délivré plus de 400 doctorats et deux fois plus de diplômes de master. Environ la moitié du corps étudiant vient de l'étranger, principalement d'autres pays d'Amérique

latine. Le corps enseignant (50 personnes) compte pour sa part des ressortissants de 14 pays différents.

En 2000, l'IMPA a obtenu le statut d'organisation sociale, qui lui confère plus de flexibilité et d'agilité dans la gestion de ses ressources et une plus grande autonomie en matière de recrutement et d'évolution de carrière des chercheurs.

Il a depuis participé à l'organisation des olympiades brésiliennes de mathématiques dans les écoles publiques, ainsi qu'à la formation des professeurs de l'enseignement secondaire.

En 2014, l'IMPA est entré dans le groupe très fermé des institutions employant un lauréat de la médaille Fields, en la personne d'Ártur Avila, titulaire d'un doctorat délivré par l'IMPA en 2001 et membre permanent du corps enseignant depuis 2009. M. Avila est d'ailleurs le seul lauréat à ce jour à avoir suivi l'intégralité de ses études dans un pays en développement.

L'IMPA et la Société brésilienne de mathématiques organiseront le Congrès international des mathématiciens en 2018.

Source : www.icm2018.org.

Encadré 8.2 : Le Centre brésilien de recherche sur l'énergie et les matériaux

Le Centre national de recherche sur l'énergie et les matériaux (CNPEM) est la plus ancienne organisation sociale du Brésil. Il dirige des laboratoires nationaux dans les domaines des sciences biologiques, des nanotechnologies et du bioéthanol.

Il gère également la seule source de rayonnement synchrotron d'Amérique latine, entrée en fonction à la fin des années 1990. Les sources de lumière et la ligne de faisceau ont été conçues et installées au moyen d'une technologie mise au point par le centre lui-même.

Le CNPEM travaille actuellement à l'élaboration et à la construction d'un

nouveau synchrotron d'envergure internationale baptisé Sirius. Doté de 40 lignes de faisceau au maximum, il sera l'un des premiers synchrotrons de quatrième génération au monde. Ce projet d'un montant de 585 millions de dollars des États-Unis constituera la plus grande infrastructure scientifique et technologique jamais construite au Brésil. Sirius sera utilisé pour des projets latino-américains de R&D initiés par des universités, des instituts de recherche et des entreprises publiques et privées.

Sur le plan industriel, il contribuera par exemple à la conception de méthodes de décomposition des asphaltènes en vue de faciliter l'extraction de pétrole

présentant un indice de viscosité élevé ; à l'explication du processus élémentaire de catalyse dans la production d'hydrogène à partir de l'éthanol ; à la compréhension des interactions entre les végétaux et les agents pathogènes en vue de contrôler les maladies des agrumes ; ou à l'analyse du processus moléculaire qui catalyse la cellulolyse lors de la production d'éthanol de deuxième génération.

Ce projet a été rendu possible par la structure du CNPEM, une organisation sociale dont le statut garantit son autonomie dans la gestion de ses projets.

Source : Auteurs.

scientifiques ou technologiques et signer des contrats de R&D avec des sociétés privées. La souplesse accordée à ces organisations sociales et leur style de gestion en font l'un des succès du modèle scientifique brésilien. À ce jour, il en existe six :

- L'Institut de mathématiques pures et appliquées (IMPA, encadré 8.1) ;
- L'Institut de développement durable Mamirauá (IDSM) ;
- Le Centre national de recherche sur l'énergie et les matériaux (CNPEM, encadré 8.2) ;
- Le Centre de gestion et d'études stratégiques (CGEE) ;
- Le Réseau national d'enseignement et de recherche (RNP) ;
- La plus récente, l'Entreprise brésilienne de recherche et d'innovation industrielle (Embrapii), a été créée fin 2013 par le gouvernement fédéral afin de stimuler l'innovation par le biais d'un système d'appel à propositions. Seules les institutions et entreprises jugées qualifiées peuvent répondre à ces appels, ce qui accélère le processus et augmente les chances de succès des candidats. L'évaluation d'Embrapii est prévue fin 2015.

À la fin des années 1990, au moment des réformes économiques, des lois ont été adoptées pour stimuler la R&D dans le secteur privé. La plus importante est sans conteste la loi nationale sur l'innovation. Peu après son approbation en 2006, le Ministère de la science, de la technologie et de l'innovation a publié un *Plan d'action pour la science, la technologie et l'innovation* (MSTI, 2007) fixant quatre grands objectifs à l'horizon 2010, qui ont été décrits dans le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010* :

- Augmenter les dépenses intérieures brutes de R&D (DIRD) de 1,02 % à 1,50 % du PIB ;

- Augmenter les investissements des entreprises dans la R&D de 0,51 % à 0,65 % du PIB ;
- Augmenter le nombre de bourses universitaires délivrées (à tous les niveaux) par les deux organismes fédéraux, le Conseil national de la recherche (CNPq) et la fondation Coordination de perfectionnement du personnel de l'enseignement supérieur (Capes), de 100 000 à 150 000 ;
- Encourager la S&T au service du développement social en créant 400 centres de formation professionnelle et 600 centres d'enseignement à distance, en élargissant les olympiades de mathématiques à 21 millions de participants et en accordant 10 000 bourses dans l'enseignement secondaire.

En 2012, les DIRD représentaient 1,15 % du PIB et les investissements des entreprises dans la R&D 0,52 % du PIB. Ces deux objectifs n'ont donc pas été atteints. En ce qui concerne les bourses universitaires, le CNPq et la Capes ont aisément atteint leur objectif en matière de doctorats (31 000 en 2010 et 42 000 en 2013), mais ont manqué celui ayant trait à l'ensemble des bourses universitaires (141 000 en 2010). Le *Plan national pour l'enseignement supérieur 2005-2010* prévoyait de délivrer 16 000 doctorats avant la fin du plan. Le nombre de doctorats effectivement délivrés s'élevait à 11 300 en 2010 et à moins de 14 000 en 2013, cet objectif n'a pas été atteint non plus, alors que près de 42 000 bourses fédérales de doctorat ont été accordées en 2013.

En revanche, les objectifs relatifs à la vulgarisation de la culture scientifique ont été partiellement réalisés. En 2010, par exemple, plus de 19 millions d'élèves ont participé aux olympiades brésiliennes de mathématiques dans les écoles publiques, contre 14 millions en 2006. Depuis, cependant, le nombre de participants a tendance à stagner. Jusqu'en 2011, il semblait possible d'atteindre les objectifs concernant l'enseignement à distance et la formation professionnelle, mais il y a eu peu de progrès depuis.

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

La quatrième³ Conférence nationale sur la science et la technologie (2010), en plus de jeter les bases du *Plan national pour l'enseignement supérieur 2010-2015*, a défini les grandes lignes de la R&D. Celle-ci doit contribuer à réduire les inégalités régionales et sociales ; à exploiter les ressources naturelles brésiliennes dans une optique durable ; à améliorer la valeur ajoutée de la transformation et des exportations grâce à l'innovation ; et à renforcer le rôle international du Brésil.

Les propositions faites lors de la quatrième Conférence nationale ont été présentées dans un *Livre bleu* qui a servi de base à l'élaboration d'objectifs au titre d'un plan quadriennal baptisé *Brasil Maior* (Grand Brésil). Le lancement de ce plan a coïncidé avec l'arrivée au pouvoir de l'administration Rousseff en janvier 2011. Les objectifs fixés par *Brasil Maior* pour 2014 visaient notamment à :

- Élever le niveau d'investissement en capital fixe à 22,4 % du PIB (contre 19,5 % en 2010) ;
- Élever les investissements des entreprises dans la R&D à 0,90 % du PIB (contre 0,57 % en 2010) ;
- Élever la part de la population active ayant achevé ses études secondaires à 65 % (contre 54 % alors) ;
- Élever la part des entreprises à forte concentration de savoir à 31,5 % du total (contre 30,1 % alors) ;
- Porter le nombre de petites et moyennes entreprises (PME) innovantes à 58 000 (contre 37 000 alors) ;
- Diversifier les exportations et atteindre une part du Brésil aux échanges mondiaux de 1,60 % (contre 1,36 % alors) ;
- Étendre l'accès à l'Internet large bande fixe à 40 millions de foyers (contre 14 millions alors).

Les seuls réels progrès enregistrés jusqu'à présent concernent ce dernier objectif. En décembre 2014, près de 24 millions de foyers (36,5 %) disposaient d'un accès à l'Internet large bande fixe. L'investissement en capital fixe a en réalité régressé, à 17,2 % du PIB (2014) ; les investissements des entreprises sont redescendus à 0,52 % du PIB (2012) ; et la proportion des exportations brésiliennes dans le commerce mondial a reculé à 1,2 % (2014). Parallèlement, le Brésil a perdu trois places au classement des volumes absolus d'exportations et se classe aujourd'hui 25^e. Le nombre de jeunes adultes achevant leurs études secondaires n'a pas augmenté, pas plus que leur participation au marché du travail. Nous étudierons les raisons de ces tendances un peu plus loin.

Un autre programme, sans lien avec *Brasil Maior*, a retenu l'attention des autorités et reçoit une part généreuse des fonds fédéraux destinés à la R&D : il s'agit de Sciences sans frontières, lancé en 2011 dans le but d'envoyer 100 000 étudiants à l'étranger avant fin 2015 (encadré 8.3).

3. La première, organisée en 1985 après le rétablissement d'un gouvernement civil, visait à définir le mandat du nouveau Ministère des sciences et technologies (qui deviendra par la suite le Ministère de la science, de la technologie et de l'innovation). La deuxième conférence s'est tenue en 2001. La troisième, organisée en 2005, a jeté les bases du *Plan d'action pour la science, la technologie et l'innovation* (2007).

TENDANCES EN MATIÈRE D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Ralentissement des inscriptions dans l'enseignement privé

L'enseignement supérieur enregistre des taux de croissance très rapides depuis le lancement du programme de stabilisation économique dans la deuxième moitié des années 1990. Cet essor est surtout visible au niveau des inscriptions en premier cycle, avec l'arrivée de 1,5 million d'étudiants supplémentaires depuis 2008. Près des trois quarts d'entre eux (7,3 millions d'étudiants en 2013) se sont inscrits dans des établissements privés. Ceux-ci sont pour la plupart des établissements d'enseignement, à quelques exceptions près, telles que le réseau des universités catholiques et les quelques institutions à but non lucratif qui enseignent l'économie et l'administration, à l'instar de la fondation Getulio Vargas. L'essor de l'enseignement supérieur privé est pour moitié imputable aux programmes d'enseignement à distance, une tendance nouvelle au Brésil à ce niveau d'études.

Des subventions fédérales ont financé quelque deux millions de prêts étudiants en 2014. Malgré cette aide, les inscriptions dans des établissements privés de l'enseignement supérieur semblent s'essouffler, conséquence peut-être du ralentissement économique et d'un moindre désir de s'endetter. Seulement 1,2 million de prêts avaient été renouvelés en mars 2015, un mois après la rentrée universitaire. Alors que les étudiants avaient contracté 730 000 nouveaux prêts en 2014, le Ministère de l'éducation s'attend à ce que ce chiffre chute à 250 000 en 2015.

Dans le secteur public, grâce au Programme de restructuration et d'expansion des universités fédérales⁴ (Reuni), le nombre d'universités et d'instituts polytechniques a augmenté d'environ 25 % et le nombre d'étudiants de 80 % (passant de 640 000 à 1 140 000) entre 2007 et 2013. Le deuxième et le troisième cycles ont également prospéré dans le secteur public, où l'on enregistre une augmentation de 30 % du nombre de doctorats délivrés entre 2008 et 2012 (figure 8.2).

La qualité de l'éducation compte plus que la durée des études

Pour améliorer la productivité de la main-d'œuvre, il faut augmenter les investissements en capital et/ou adopter de nouvelles technologies. Or, la création, le développement et l'intégration de nouvelles technologies exigent une main-d'œuvre qualifiée, et notamment la formation scientifique des personnes les plus impliquées dans les processus d'innovation. Même dans le secteur des services, qui produit aujourd'hui environ 70 % du PIB brésilien, une main-d'œuvre plus instruite favoriserait une nette hausse de la productivité.

Le Brésil a donc tout intérêt à améliorer le niveau d'instruction moyen de sa population adulte. À en juger par le Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), la qualité de l'éducation semble médiocre. Lors des examens PISA de 2012, les élèves brésiliens de 15 ans se sont en moyenne classés environ 100 points en dessous de la moyenne de l'OCDE en mathématiques, bien qu'ils aient réalisé

4. Voir <http://reuni.mec.gov.br/>.

Encadré 8.3 : Sciences sans frontières

Le programme Sciences sans frontières est une initiative conjointe du Ministère de la science, de la technologie et de l'innovation et du Ministère de l'éducation, par le biais de leurs organismes de financement respectifs, le CNPq et la Capes.

Annoncé début 2011, ce programme a commencé à envoyer ses premiers étudiants à l'étranger en août de la même année.

Fin 2014, plus de 70 000 étudiants avaient séjourné à l'étranger, principalement en Europe, aux États-Unis et au Canada. Plus de 80 % d'entre eux étaient des étudiants de premier cycle qui ont passé jusqu'à une année dans une université étrangère.

Les doctorants brésiliens sont également autorisés à partir approfondir leurs recherches à l'étranger pendant un an.

D'autres groupes sont également ciblés : les étudiants inscrits dans des programmes de doctorat complets à l'étranger et dans des programmes post-

doctoraux, ainsi que quelques membres invités du corps enseignant. Les chercheurs employés par des sociétés privées peuvent eux aussi se porter candidats pour une formation spécialisée à l'étranger.

Le programme cherche par ailleurs à attirer de jeunes chercheurs étrangers désireux de s'installer au Brésil ou de conclure un partenariat avec des chercheurs brésiliens dans les domaines prioritaires du programme, à savoir :

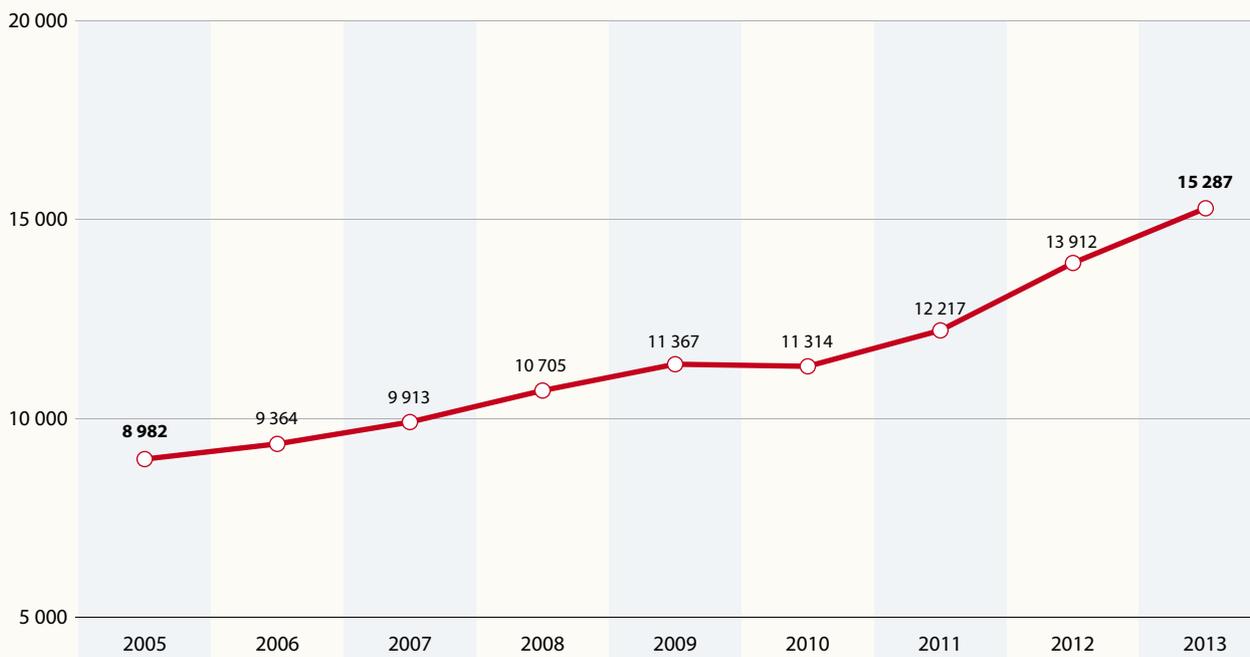
- Ingénierie ;
- Sciences pures et naturelles ;
- Sciences médicales et biomédicales ;
- TIC ;
- Aérospatiale ;
- Produits pharmaceutiques ;
- Production agricole durable ;
- Pétrole, gaz et charbon ;
- Énergies renouvelables ;
- Biotechnologies ;

- Nanotechnologies et nouveaux matériaux ;
- Technologie de prévention et d'atténuation des catastrophes naturelles ;
- Biodiversité et bioprospection ;
- Sciences de la mer ;
- Minerais ;
- Nouvelles technologies de génie du bâtiment ;
- Formation du personnel technique.

L'impact de cette expérience sur l'enseignement supérieur et les systèmes de recherche brésiliens n'a pas encore été évalué. Il a été décidé en septembre 2015 que le programme Sciences sans frontières ne serait pas poursuivi après 2015.

Source : Auteurs.

Figure 8.2 : Doctorats délivrés au Brésil, 2005-2013



Source : Capes, Ministère de l'éducation, InCites.

les plus gros progrès dans cette matière, tous pays confondus, entre 2003 et 2012⁵. Les jeunes Brésiliens obtiennent également des résultats relativement mauvais en lecture et en science.

Selon les conclusions d'une étude récente, fondée sur des évaluations internationales des acquis et les données économiques d'un large échantillon de pays sur quarante ans (1960-2000), ce n'est pas le nombre d'années d'éducation formelle qui compte du point de vue de la croissance économique, mais la qualité avec laquelle les compétences requises ont été inculquées (Hanushek et Woessmann, 2012). Utilisant la note PISA comme un indicateur des compétences de la population de jeunes adultes, les auteurs en concluent que le taux annuel moyen de croissance économique par habitant augmente d'environ 2 points de pourcentage par centaine de points aux examens.

Le Brésil vient de promulguer une loi éducative nationale qui définit des objectifs à l'horizon 2024. L'un d'eux consiste à atteindre un score PISA de 473 points d'ici 2024. Si l'on s'appuie sur l'histoire récente, les chances sont faibles : de 2000 à 2012, la note des élèves brésiliens a augmenté d'environ deux points par an, en moyenne, en mathématiques, en science et en lecture. À ce rythme, le Brésil n'atteindra pas la note voulue avant 2050.

La qualité n'est pas le seul aspect de l'éducation de base qui devrait retenir l'attention des décideurs : le nombre de diplômés de l'enseignement secondaire stagne depuis le début des années 2000 à environ 1,8 million par an, malgré les efforts déployés pour améliorer l'accès. Cela signifie que seule la moitié de la population ciblée décroche son diplôme de fin d'études secondaires, une tendance qui limite l'expansion de l'enseignement supérieur. Une grande partie des 2,7 millions d'étudiants admis à l'université en 2013 étaient des adultes reprenant leurs études en vue d'obtenir un diplôme, et cette source de demande ne devrait guère évoluer à l'avenir. Même la part relativement restreinte de la population qui est en mesure de décrocher un diplôme universitaire (environ 15 % des jeunes adultes à l'heure actuelle) n'acquiert pas de compétences pointues et de connaissances de fond, comme en témoignent les résultats du Système national d'évaluation de l'enseignement supérieur (Pedrosa *et al.*, 2013).

Une initiative fédérale lancée en 2011, Pronatec, vise à développer la main-d'œuvre qualifiée en encourageant les études secondaires techniques et professionnelles. D'après les données gouvernementales, plus de 8 millions de personnes auraient déjà bénéficié de ce programme. Ce tableau impressionnant est toutefois assombri par les remarques de plus en plus nombreuses d'observateurs indépendants, qui estiment que la plupart des adolescents formés dans ce cadre n'ont acquis qu'un nombre limité de compétences nouvelles et que le budget dépensé aurait été plus utile ailleurs. La critique principale a porté sur le fait que la plupart des fonds étaient allés à des établissements privés ayant très peu d'expérience de la formation professionnelle.

5. Voir www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-brazil.pdf.

TENDANCES EN MATIÈRE DE R&D

Les objectifs en matière de dépenses en R&D restent hors de portée

L'essor économique du Brésil entre 2004 et 2012 s'est traduit par une augmentation des dépenses publiques et privées en R&D. Les dépenses intérieures brutes de R&D (DIRD) ont presque doublé, pour atteindre 35,5 milliards de dollars PPA (en dollars de 2011, figure 8.3). La principale augmentation s'est produite entre 2004 et 2010, lorsque les DIRD sont passées de 0,97 % à 1,16 % du PIB. Depuis 2010, le secteur public est le seul à relever l'intensité de la R&D, puisque les investissements des entreprises ont même diminué, passant de 0,57 % à 0,52 % du PIB (2012). Les premiers chiffres pour 2013 indiquent une légère hausse des dépenses publiques et une contribution constante du secteur des entreprises (par rapport au PIB). Les dépenses privées en R&D devraient reculer à partir de 2015, jusqu'à ce que l'économie montre des signes de reprise. Même les analystes les plus optimistes écartent cette hypothèse jusqu'en 2016. L'investissement en capital fixe au Brésil devrait continuer à diminuer en 2015, en particulier dans le secteur manufacturier. Cette tendance aura certainement des répercussions sur les dépenses de R&D d'un secteur à l'autre. La crise que traverse Petrobrás devrait lourdement peser sur les investissements dans la R&D, puisque la société représentait ces dernières années environ 10 % de l'investissement annuel en capital fixe du pays. Les restrictions budgétaires récemment annoncées concernant le budget fédéral, entre autres mesures d'austérité, devraient également influencer sur les dépenses publiques de R&D.

Le ratio DIRD/PIB du Brésil reste très inférieur à celui des économies avancées et de certains marchés dynamiques émergents comme la Chine ou, en particulier, la République de Corée (voir chapitres 23 et 25). En même temps, il est relativement comparable à celui d'économies développées ralenties, telles que l'Italie ou l'Espagne, et d'autres grands marchés émergents comme la Fédération de Russie (voir chapitre 13). Par ailleurs, il devance largement la plupart des autres pays d'Amérique latine (figure 8.4).

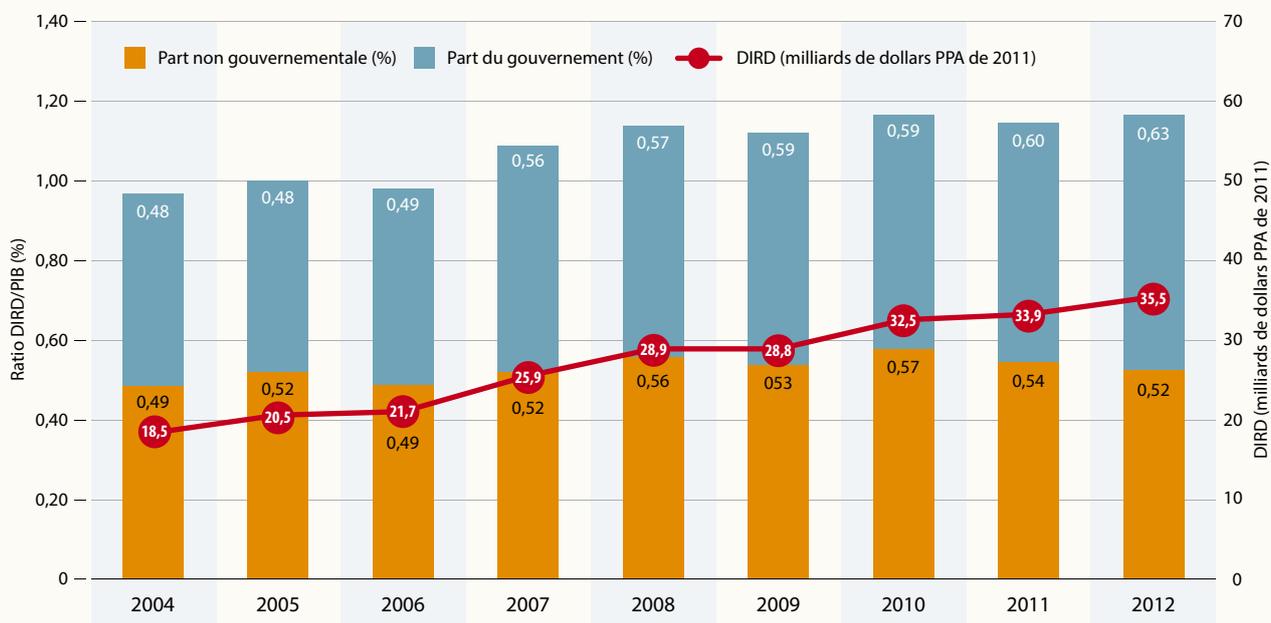
L'écart entre le Brésil et les économies avancées est beaucoup plus prononcé en ce qui concerne les ressources humaines de R&D (figure 8.5). Il en va de même pour la forte baisse, depuis quelques années, de la proportion du personnel de recherche parmi les employés des entreprises (figure 8.6). À l'opposé de la tendance observée dans la plupart des pays développés et des principaux pays émergents, ce phénomène reflète aussi bien l'augmentation de la R&D dans l'enseignement supérieur que la croissance anémique de la R&D dans le secteur des entreprises (décrite plus haut).

Les entreprises privées dépensent moins en R&D

La quasi-totalité des dépenses non publiques de R&D provient de sociétés privées (les universités privées n'en constituant qu'une infime partie). Depuis 2010, cette dépense recule par rapport au PIB (figure 8.3) : elle est passée de 49 % à 45 % (2012) des dépenses totales, descendant même à 42 % en 2013 selon les données gouvernementales préliminaires.

Figure 8.3 : Les DIRD au Brésil par secteur de financement, 2004-2012

En milliards de dollars PPA de 2011 et en pourcentage du PIB

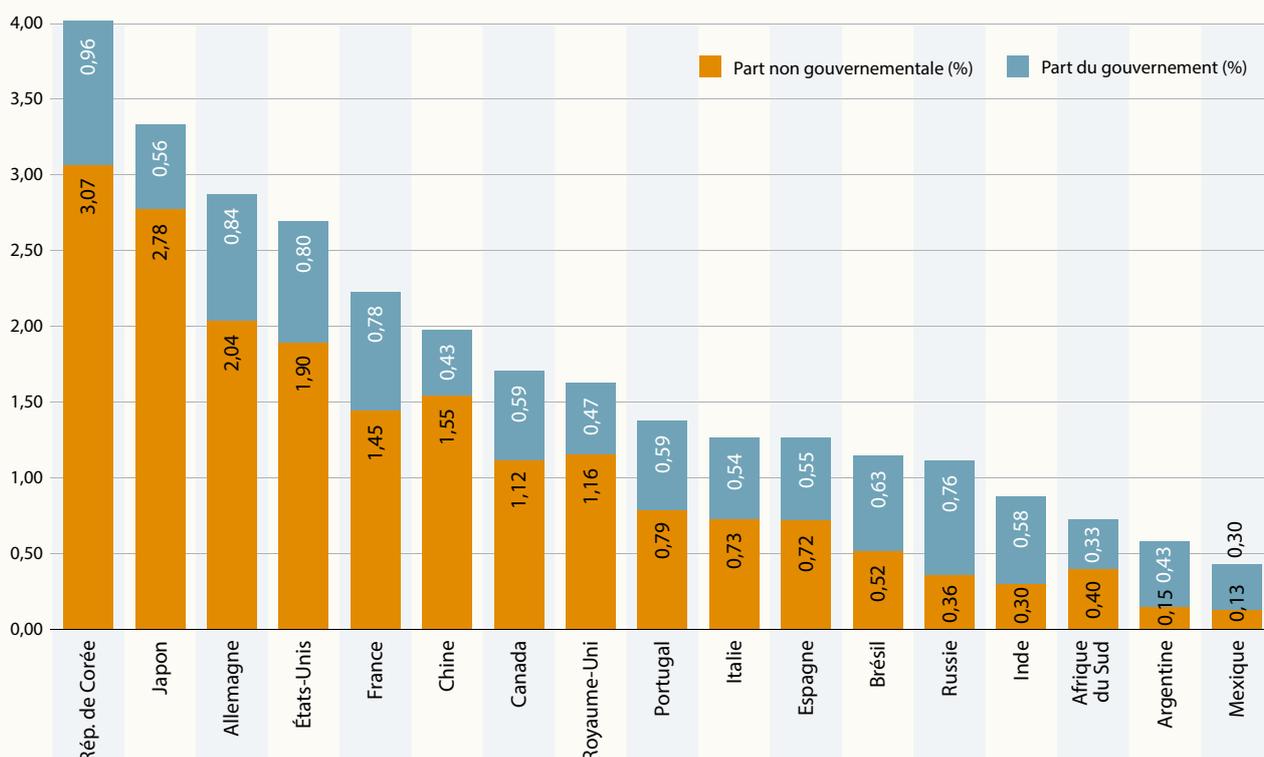


Remarque : La grande majorité des financements non publics provient d'entreprises privées. Les universités privées représentaient à peine 0,02 à 0,03 % des DIRD entre 2004 et 2012. Les figures 8.3 et 8.4 sont fondées sur les données actualisées du PIB du Brésil qui étaient disponibles en septembre 2015. À ce titre, elles peuvent ne pas correspondre aux autres indicateurs indexés sur le PIB présentés dans ce rapport.

Source : Ministère brésilien de la science, de la technologie et de l'innovation.

Figure 8.4 : Contribution du secteur brésilien des entreprises aux DIRD en pourcentage du PIB, 2012 (%)

Les données des autres pays sont indiquées à titre de comparaison

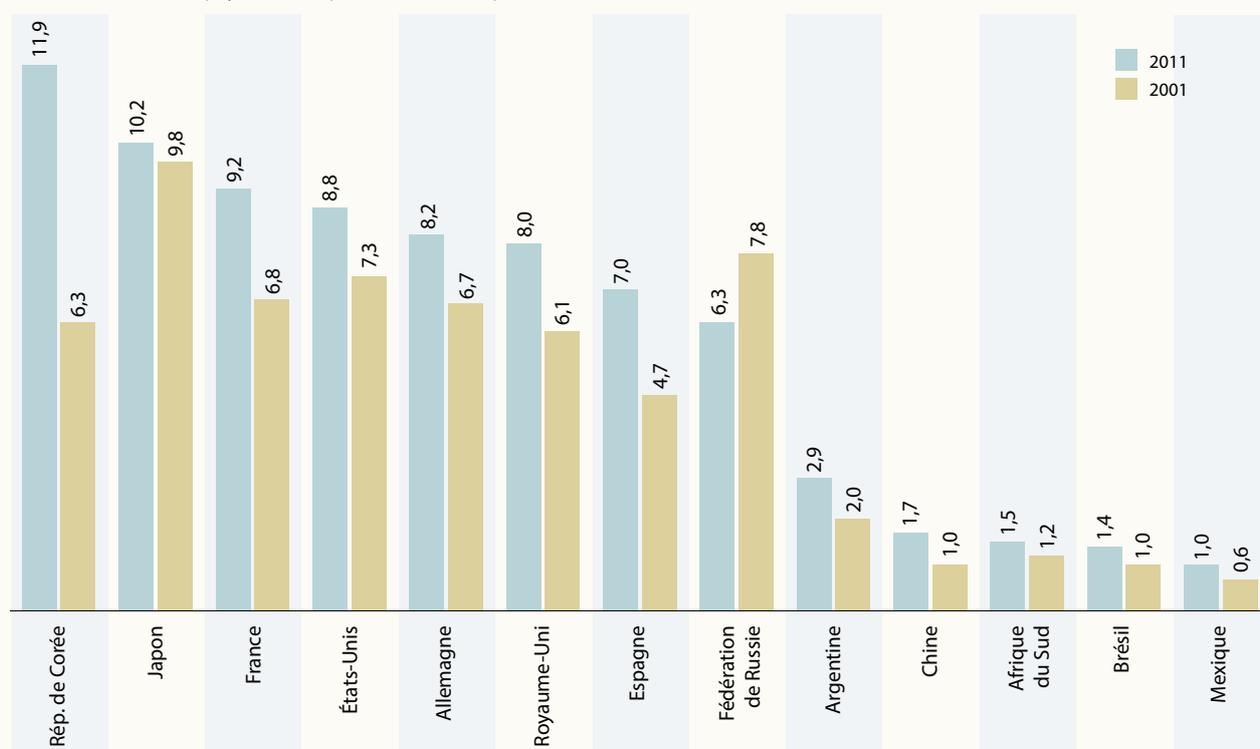


Source : OCDE, Principaux indicateurs de la science et de la technologie, janvier 2015 ; Ministère brésilien de la science, de la technologie et de l'innovation.

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

Figure 8.5 : Proportion de chercheurs brésiliens ETP pour 1 000 personnes actives, 2001 et 2011 (%)

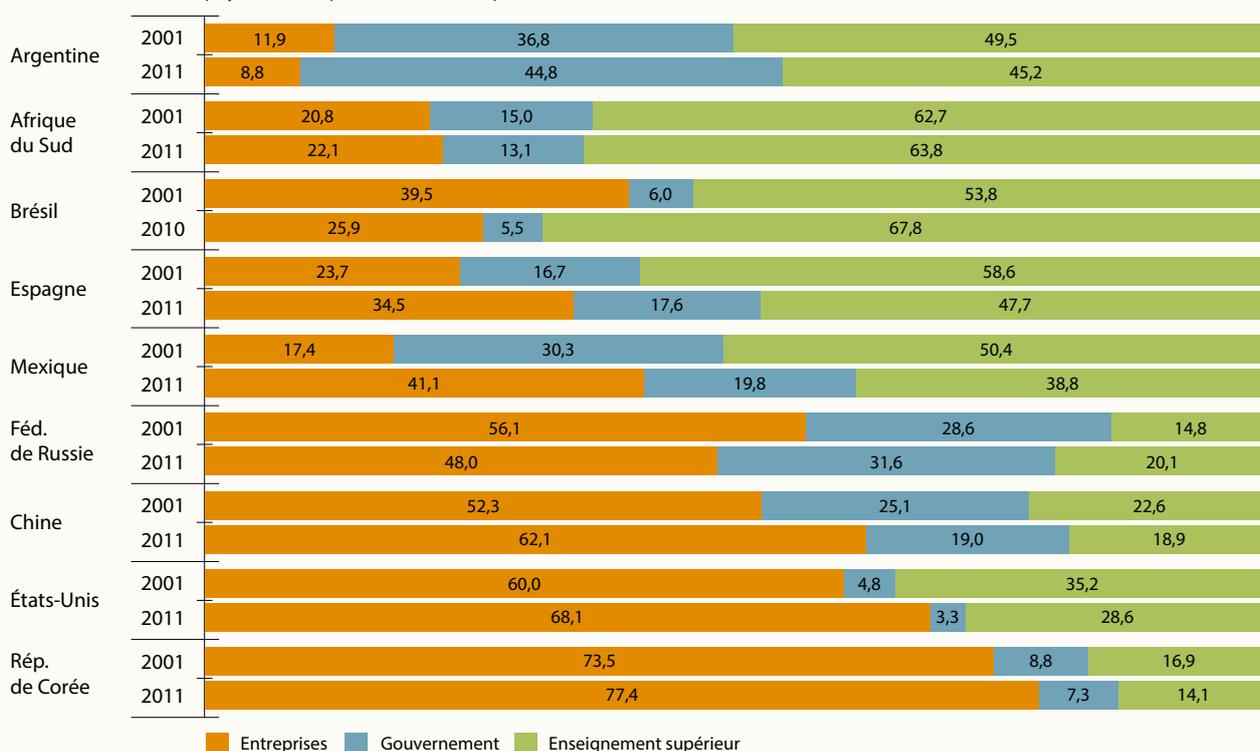
Les données des autres pays sont indiquées à titre de comparaison



Source : OCDE, Principaux indicateurs de la science et de la technologie, janvier 2015.

Figure 8.6 : Proportion de chercheurs ETP au Brésil, par secteur, 2001 et 2011 (%)

Les données des autres pays sont indiquées à titre de comparaison



Source : OCDE, Principaux indicateurs de la science et de la technologie, janvier 2015.

Cette tendance devrait se maintenir quelque temps ; le secteur des entreprises ne risque donc pas de consacrer 0,90 % du PIB à la R&D en 2014.

Les principales raisons du faible niveau de R&D dans le secteur privé au Brésil tiennent au manque de compétences scientifiques et techniques du grand public et à l'absence de mesures incitant les entreprises à mettre au point de nouvelles technologies, de nouveaux produits et de nouveaux procédés. Comme on l'a vu dans la section précédente, tous les indicateurs disponibles montrent que le système éducatif brésilien n'a pas doté la population des moyens d'évoluer correctement dans une société technologiquement avancée, ni de contribuer véritablement aux progrès techniques.

Quant au faible niveau d'innovation au Brésil, il s'agit d'un phénomène ancré dans l'indifférence profonde des entreprises et des industries pour le développement de nouvelles technologies. Il existe bien sûr des domaines où l'innovation technologique suscite de l'intérêt : Embraer, le constructeur aéronautique brésilien, Petrobrás, la société pétrolière d'État, et Vale, le grand conglomérat minier, sont tous très compétitifs dans leurs domaines respectifs. Ils disposent d'un personnel hautement qualifié ainsi que de technologies, procédés et produits à la fois innovants et compétitifs. Ces sociétés novatrices ont une caractéristique en commun : leurs produits de base sont soit des matières premières, soit utilisées par l'industrie des services, comme dans le cas des avions commerciaux. Autre domaine dans lequel le Brésil fait preuve d'innovation et se montre à la hauteur de la concurrence internationale : l'agriculture, là encore un secteur de matières premières. En revanche, il n'existe aucune société brésilienne à la pointe en matière de technologies de l'information et de la communication (TIC), d'électronique ou de biotechnologies. Comment cela se fait-il ? Selon nous, la politique industrielle brésilienne, qui protège depuis longtemps les marchés intérieurs de produits locaux (sous différentes formes), joue un rôle essentiel dans ce processus. Nous ne commençons à comprendre que maintenant à quel point cette politique de substitution des importations peut être nuisible à la création d'un environnement innovant. Pourquoi une entreprise locale investirait-elle des sommes importantes dans la R&D si elle n'a pour concurrentes que des entreprises faisant aussi peu de cas de l'innovation et bénéficiant du même système protectionniste ? Conséquence de cette politique, la part brésilienne des échanges mondiaux recule progressivement depuis plusieurs décennies, notamment sur le plan des exportations de produits industriels. Une tendance qui va même en s'accroissant depuis quelques années⁶ (Pedrosa et Queiroz, 2013).

La situation devrait d'ailleurs se dégrader à brève échéance : selon les données les plus récentes, l'industrie pourrait connaître ses pires années en 2014 et 2015, en particulier dans le sous-secteur de la transformation de l'industrie manufacturière.

Le ralentissement actuel de l'économie empêche déjà les fonds sectoriels du gouvernement d'engranger des recettes,

6. Pedrosa et Queiroz (2013) présentent une analyse détaillée des politiques industrielles récentes du Brésil et de leurs conséquences dans différents domaines, tels que le secteur pétrolier et de l'énergie en général, l'industrie automobile ou les biens de consommation.

les bénéfiques trimestriels étant souvent bas. Créés à la fin des années 1990, les fonds sectoriels brésiliens figurent parmi les principales sources de financement public de la R&D. Chacun d'eux⁷ est alimenté par des taxes prélevées dans des secteurs précis de l'industrie ou des services, par exemple auprès des entreprises de services énergétiques.

Le « coût brésilien » freine les entreprises

Le développement industriel moderne du Brésil est freiné par le manque d'infrastructures modernes, notamment en matière de logistique et de production d'électricité, auquel s'ajoute une réglementation fastidieuse au sujet de l'immatriculation, de la fiscalité et de la faillite des entreprises, autant de démarches qui coûtent très cher. Ce phénomène a d'ailleurs un nom : c'est le « coût brésilien » (*Custo Brasil*).

Ce « coût brésilien » empêche les entreprises brésiliennes de rivaliser avec la concurrence internationale et freine l'innovation. Le Brésil a un niveau d'exportations relativement faible. Leur proportion par rapport au PIB a même chuté de 14,6 % à 10,8 % entre 2004 et 2013, malgré l'essor des matières premières. Les taux de change défavorables ne suffisent pas à expliquer cette tendance.

La plupart des exportations brésiliennes ont trait aux matières premières, qui représentaient 50,8 % du volume total exporté au premier semestre 2014, contre 29,3 % en 2005. Le soja et autres légumineuses totalisent 18,3 % des exportations ; le minerai de fer, la viande et le café, 32,5 %. Un tiers seulement des marchandises (34,5 %) étaient manufacturées, en nette baisse par rapport à 2005 (55,1 %). Dans ce dernier segment, 6,8 % seulement des exportations pouvaient être considérées comme high tech, et 41,0 % comme low tech (contre 36,8 % en 2012).

Les chiffres les plus récents dressent également un portrait des plus sombres. La production industrielle a reculé de 2,8 % entre novembre et décembre 2014, et de 3,2 % sur l'année entière. La régression est encore plus nette pour le capital (-9,6 %) et les biens durables (-9,2 %) sur douze mois, signe d'une chute des investissements dans le capital fixe.

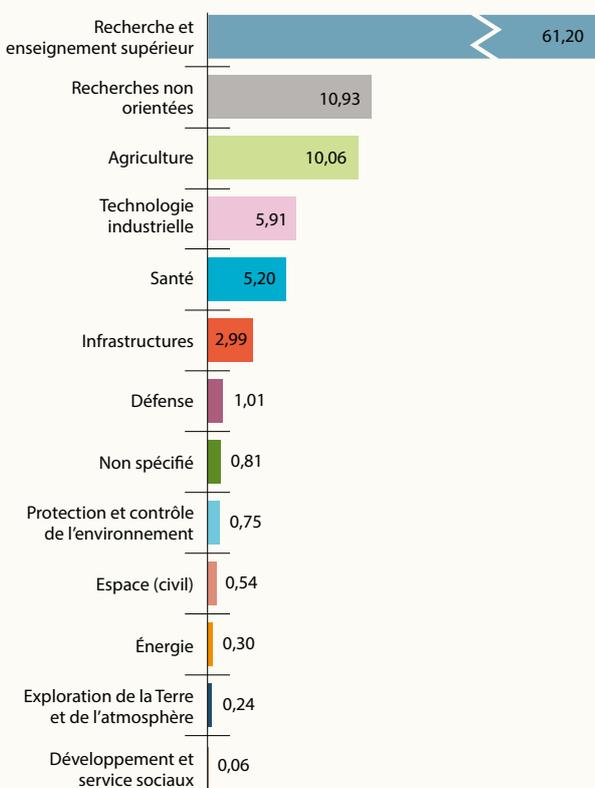
La majorité des dépenses publiques de R&D profitent aux universités

Comme dans la plupart des pays, les universités brésiliennes se taillent la part du lion dans les dépenses publiques de R&D (figure 8.7). Ces dernières ont légèrement augmenté, passant de 58 % à 61 % des dépenses publiques totales de R&D entre 2008 et 2012.

Parmi les secteurs spécifiques, l'agriculture vient ensuite, en reflet de son importance pour le Brésil, deuxième producteur de denrées alimentaires au monde derrière les États-Unis. La productivité agricole brésilienne n'a cessé de croître depuis les années 1970, en raison du recours accru à des technologies et procédés innovants. La R&D industrielle arrive en troisième position, suivie par la santé et les infrastructures. Quant aux secteurs restants, ils obtiennent tout au plus 1 % chacun des dépenses publiques.

7. Pour une analyse détaillée des fonds sectoriels brésiliens, voir le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*.

Figure 8.7 : Dépenses publiques de R&D au Brésil, par objectif socioéconomique, 2012 (%)



Source : Ministère de la science, de la technologie et de l'innovation.

À quelques exceptions près, la répartition des dépenses publiques de R&D en 2012 est identique⁸ à celle de 2000. Après une montée en flèche (de 1,4 % en 2000 à 6,8 % en 2008), la technologie industrielle a vu sa part des dépenses publiques redescendre à 5,9 % en 2012. La part de la R&D dans l'aérospatiale (civile) ne cesse de diminuer après avoir culminé à 2,3 % en 2000. Le budget de la recherche pour la défense a chuté de 1,6 % à 0,6 % entre 2000 et 2008, mais est remonté depuis à 1,0 %. La recherche sur l'énergie a également reculé de 2,1 % (2000) à seulement 0,3 % (2012). Dans l'ensemble, la répartition des dépenses publiques de R&D semble néanmoins relativement stable.

En mai 2013, l'administration brésilienne Redetec a engagé la société argentine INVAP pour la construction d'un réacteur nucléaire polyvalent au Brésil, à des fins de recherche et de production des radio-isotopes employés dans la médecine nucléaire, l'agriculture et la gestion de l'environnement. L'INVAP a déjà construit un réacteur similaire en Australie. Le réacteur polyvalent devrait être opérationnel en 2018. Il sera situé au Centre de technologie marine de São Paulo, et la société brésilienne Intertechne construira une partie de ses infrastructures.

Les entreprises déclarent négliger les activités d'innovation

Lors de la dernière enquête sur l'innovation réalisée par l'Institut brésilien de géographie et de statistiques (IBGE), toutes les entreprises ont déclaré se consacrer beaucoup moins à leurs activités

d'innovation depuis 2008 (IBGE, 2013). L'enquête concernait toutes les entreprises publiques et privées des secteurs de l'extraction et de la transformation, ainsi que celles du secteur des services ayant trait à la technologie, par exemple les opérateurs de télécommunications, les fournisseurs d'accès à Internet ou les compagnies de gaz et d'électricité. Ainsi, la part d'entreprises réalisant des activités d'innovation a reculé de 38,1 % en 2008 à 35,6 % en 2011. Cette baisse est particulièrement notable dans le secteur des télécommunications, tant en ce qui concerne la production de biens (-18,2 %) que la prestation de services (-16,9 %). Les grandes entreprises enregistrent apparemment la réduction relative la plus importante entre 2008 et 2011. Ainsi, parmi celles employant au moins 500 salariés, la proportion d'entreprises s'intéressant à la création de nouveaux produits est passée de 54,9 % à 43,0 % dans cet intervalle. Une étude comparée des enquêtes sur l'innovation menées par l'IBGE durant les périodes 2004-2008 et 2009-2011 révèle que la crise de 2008 a eu des répercussions néfastes sur les activités d'innovation de la plupart des entreprises brésiliennes. La situation économique s'est détériorée au Brésil depuis 2011, surtout dans le secteur industriel. Il faut donc s'attendre à ce que la prochaine enquête dévoile des chiffres encore plus bas.

Réduction des dépenses relatives aux énergies renouvelables

Les ambitions du Brésil au sujet du biodiesel ont sans doute attiré l'attention des médias à la fin des années 2000, lorsque les cours mondiaux de l'énergie et des denrées alimentaires se sont envolés, mais le secteur de l'énergie y a toujours bénéficié d'une bonne visibilité. Le géant pétrolier Petrobrás, contrôlé par l'État, dépose plus de brevets que n'importe quelle autre société brésilienne. En outre, les producteurs d'électricité ont l'obligation légale d'investir un pourcentage donné de leur chiffre d'affaires dans la R&D (encadré 8.4).

Le fait que l'énergie constitue un secteur clé de l'économie n'a pas empêché le gouvernement de réduire ses dépenses de recherche sur l'énergie de 2,1 % du total en 2000 à 1,1 % en 2008, puis à 0,3 % en 2012. Les sources d'énergie renouvelable ont été les premières victimes de ces restrictions budgétaires, les investissements publics se tournant de plus en plus vers la prospection pétrolière et gazière en haute mer, au large des côtes au sud-est du pays. L'un des domaines dans lesquels cette tendance s'est directement fait sentir est l'industrie de l'éthanol, qui a dû fermer des usines et réduire ses propres investissements dans la R&D. Ses difficultés résultent en partie de la politique tarifaire de Petrobrás. Sous l'influence de l'État, son principal actionnaire, Petrobrás a fait artificiellement baisser les prix du pétrole entre 2011 et 2014 pour maîtriser l'inflation. Cela a eu pour effet de tirer vers le bas les prix de l'éthanol, retirant toute rentabilité à sa production. Cette politique a fini par nuire aux propres recettes de Petrobrás, l'obligeant à réduire ses investissements dans la prospection pétrolière et gazière. La société étant à elle seule responsable d'environ 10 % des investissements en capital fixe au Brésil, cette tendance, renforcée par le scandale de corruption qui ébranle Petrobrás actuellement, aura certainement des répercussions sur l'investissement général des Brésiliens dans la R&D.

Au Brésil, près des trois quarts de la production d'électricité (73 %) sont d'origine hydraulique (figure 8.8). Cette contribution a même frôlé les 80 % en 2010, mais la part de l'énergie hydraulique a souffert à la fois de la diminution des précipitations et du vieillissement des usines, dont la plupart datent des années 1960 et 1970.

8. Voir le Rapport de l'UNESCO sur la science 2010, p. 105, pour une comparaison entre 2000 et 2008.

Encadré 8.4 : Investir dans l'efficacité énergétique, une obligation légale des entreprises au Brésil

La loi fait obligation aux compagnies d'électricité brésiliennes d'investir une partie de leur chiffre d'affaires dans des programmes d'efficacité énergétique et de contribuer au Fonds national pour le développement scientifique et technologique (FNDCT). La loi s'applique aux entreprises aussi bien publiques que privées qui travaillent à la production, à la transmission et à la distribution de l'électricité. Le FNDCT finance la R&D réalisée dans les universités, les instituts de recherche et les centres de R&D industriels.

La première loi en ce sens a été adoptée en 2000, et la plus récente en 2010.

Les sociétés de distribution sont légalement tenues d'investir 0,20 % de leurs recettes nettes d'exploitation (RNE) dans la R&D et 0,50 % dans des programmes d'efficacité énergétique ; le FNDCT reçoit 0,20 % supplémentaire. Les sociétés de production et de transmission, quant à elles, doivent investir 0,40 % de leurs RNE dans la R&D et contribuer au FNDCT à hauteur de 0,40 %. L'investissement dans les programmes d'efficacité énergétique est considéré comme une dépense privée de R&D, tandis que les fonds destinés au FNDCT sont considérés comme un financement du gouvernement. La loi restera applicable

jusqu'à la fin 2015, date à laquelle elle devrait être prolongée ou révisée.

D'après l'Agence nationale pour l'énergie électrique, les programmes d'efficacité énergétique financés par cette initiative ont permis d'économiser 3,6 GWh entre 2008 et 2014, ce qui est assez modeste. En 2014, 342 millions de réaux avaient été consacrés à ces projets, soit moitié moins qu'avant l'inflation (712 millions de réaux en 2011).

Source : Auteurs.
Voir aussi www.aneel.gov.br.

Le recours intensif aux centrales thermoélectriques utilisant des combustibles fossiles a compensé une grande partie des pertes, car les nouvelles sources d'énergie renouvelable (solaire, éolienne, etc.) occupent encore une place limitée dans le bouquet énergétique. En outre, si le Brésil a fait de nets progrès dans l'utilisation du bioéthanol dans les transports, peu d'attention a été accordée à la recherche et à l'innovation en matière de production d'énergie, que ce soit sur le plan du développement de nouvelles sources d'énergie ou de l'amélioration de l'efficacité énergétique. Au vu de ce qui précède, il n'y a pas lieu de s'attendre à ce que les investissements publics dans la R&D dans le domaine de l'énergie retrouvent les niveaux observés au début du siècle, qui permettraient pourtant au Brésil de recouvrer sa compétitivité internationale dans ce domaine.

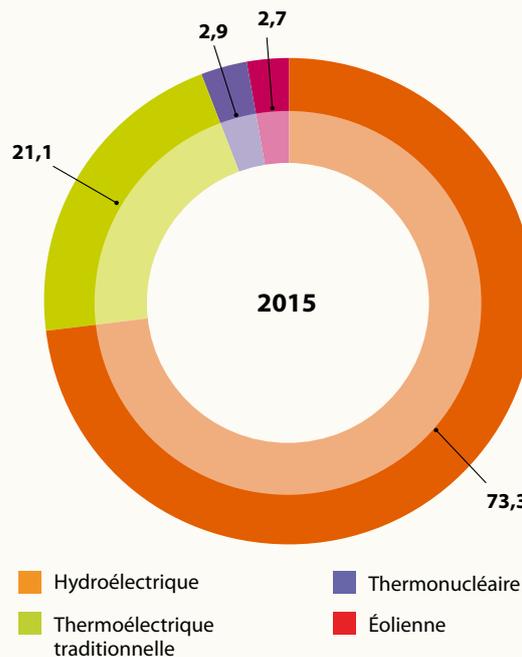
Les transferts de technologie vers le secteur privé, clé de l'innovation

Malgré le niveau d'innovation généralement faible des entreprises brésiliennes, il existe quelques exceptions, telles qu'Embraer. Natura, entreprise locale de produits cosmétiques, en est un autre exemple (encadré 8.5).

Les transferts de technologie des établissements de recherche publics vers le secteur privé sont un important facteur d'innovation au Brésil dans divers domaines allant de la médecine à la céramique, en passant par l'agriculture et les forages pétroliers en haute mer. Deux centres majeurs ont été créés ces dernières années pour favoriser le développement des nanotechnologies : le Laboratoire national de nanotechnologies pour l'agriculture (LNNA, fondé en 2008) et le Laboratoire national de nanotechnologies du Brésil (LNNano, fondé en 2011). Associé au financement fédéral et étatique de certains projets de recherche dans des domaines connexes, cet investissement stratégique a entraîné une forte hausse du nombre de chercheurs travaillant dans la science des matériaux, avec pour corollaire des recherches et des transferts de technologie décisifs. Un rapport publié par la Société brésilienne de recherche sur les matériaux⁹ (2014) cite le chercheur Rubén Sinisterra de l'Université fédérale du Minas Gerais, qui conçoit des médicaments contre l'hypertension. Selon lui, les universités

9. Voir <http://toppublishing.org/newsDetails/brazil-shows-that-materials-matter>.

Figure 8.8 : Production d'électricité au Brésil, par type, 2015
Part de la production totale d'électricité (en %)



Source : Données de l'opérateur national du réseau, www.ons.org.br/home/.

brésiliennes ont aujourd'hui la capacité de produire des nanomatériaux pour une administration ciblée des médicaments, mais, dans la mesure où les entreprises pharmaceutiques nationales sont dépourvues de capacités internes de R&D, les universités doivent travailler avec elles pour lancer des produits et procédés nouveaux sur le marché. D'après la plate-forme Statnano, alimentée par les données de Thomson Reuters, le nombre d'articles consacrés aux nanosciences au Brésil est passé de 5,5 à 9,2 par million d'habitants entre 2009 et 2013. La même source précise que le nombre moyen de citations par article a toutefois diminué dans le même intervalle, tombant de 11,7 à 2,6. En 2013, la littérature brésilienne sur les nanosciences représentait 1,6 % du volume mondial total, contre 2,9 % pour les articles scientifiques en général.

Encadré 8.5 : L'innovation à la brésilienne : le cas de Natura

Fondée en 1986, la société Natura Cosméticos est numéro un du marché brésilien des produits d'hygiène personnelle, des cosmétiques et des parfums. Devenue une multinationale, elle est présente aujourd'hui dans de nombreux pays d'Amérique latine et en France, et a déclaré un chiffre d'affaires net de 7 milliards de réaux en 2013 (environ 2,2 milliards de dollars É.-U.). La mission affichée de Natura est de créer et commercialiser des produits et des services qui favorisent le bien-être. Elle fonctionne essentiellement par le biais de ventes directes, avec environ 1,7 million de conseillers (des conseillères, en majorité) vendant directement à leur réseau de clients réguliers plutôt qu'en magasin. Les deux tiers de ces conseillères (1,2 million) sont installées au Brésil.

La société a pour philosophie de transformer les problèmes socio-écologiques en débouchés commerciaux grâce à l'innovation et au développement durable. En 2012, le cabinet Corporate Knights considérait Natura comme la deuxième entreprise la plus durable au monde (selon des critères économiques), et la Forbes List la classait au huitième rang mondial des sociétés les plus innovantes. Par son comportement responsable, Natura est devenue la plus grande entreprise au monde à obtenir la certification B-Corp en 2014.

Natura emploie une équipe de 260 personnes travaillant directement dans le domaine de l'innovation, dont plus de la moitié est titulaire d'un diplôme universitaire. Elle réinvestit environ 3 % de son chiffre d'affaires dans la R&D, ce qui représentait, en 2013, un investissement de 180 millions de réaux (environ 56 millions de dollars É.-U.). Par conséquent, les deux tiers (63,4 %) de ses revenus tirés des ventes en 2013 étaient liés à des produits d'innovation sortis au cours des deux années précédentes. La croissance globale a été très intense, Natura ayant vu sa taille quadrupler en dix ans.

La biodiversité brésilienne est un ingrédient essentiel du processus d'innovation de Natura, qui utilise des extraits de plante dans ses nouveaux produits. L'intégration de principes biologiques actifs dérivés de la flore brésilienne exige des échanges avec les communautés amazoniennes et des partenariats avec des instituts de recherche tels que l'Entreprise brésilienne de recherche agricole (Embrapa). La gamme Chronos, par exemple, repose sur les principes actifs de la *Passiflora alata* (fruit de la passion). Développée en partenariat avec l'université fédérale de Santa Catarina grâce à des fonds fédéraux (FINEP), cette gamme a donné lieu à de nouveaux brevets et à des recherches collaboratives.

Natura a également créé des centres de recherche à Cajamar (São Paulo), dans l'Ecoparque Natura de Benevides Pará. Quant à son centre d'innovation, situé à Manaus,

dans la capitale de l'État d'Amazonas, il conclut des partenariats avec les institutions et entreprises de la région pour transformer le savoir et la technologie d'origine locale en produits et procédés nouveaux, ce qui a incité d'autres entreprises à investir dans la région.

Natura participe en outre à des pôles d'innovation étrangers tels que le pôle mondial de l'innovation à New York. Elle a par ailleurs développé des partenariats internationaux avec, entre autres, le Media Lab du Massachusetts Institute of Technology (États-Unis), le Massachusetts General Hospital (États-Unis) et l'Université de Lyon en France.

À ce jour, Natura est en contact avec plus de 300 organisations : entreprises, institutions scientifiques, agences de financement, spécialistes, ONG et agences réglementaires, en vue de la mise en œuvre de plus de 350 projets porteurs d'innovation. En 2013, ces partenariats représentaient plus de 60 % des projets entrepris par la société. Elle a en particulier inauguré en 2015, en association avec la FAPESP, le Centre de recherche appliquée en bien-être et en comportement humain, qui comprend des équipements de recherche installés dans les universités publiques de l'État.

Source : Compilation des auteurs.

Le nombre de brevets augmente moins vite que celui des publications

Les publications scientifiques au Brésil ont plus que doublé depuis 2005, essentiellement en raison de la montée en flèche du nombre de revues brésiennes suivies par la base de données Thomson Reuters entre 2006 et 2008. Malgré cet élan artificiel, le rythme d'évolution ralentit depuis 2011 (figure 8.9). En outre, en termes de publications par habitant, le pays est devancé à la fois par les marchés émergents plus dynamiques et par les économies avancées, même s'il fait mieux que la plupart de ses voisins (voir figure 7.8). De fait, du point de vue de son impact, le Brésil a perdu beaucoup de terrain en dix ans. Cela peut s'expliquer par la rapidité de la hausse des inscriptions dans l'enseignement supérieur depuis 1995, principalement dans le système universitaire fédéral. Certaines universités ont même dû engager des professeurs sans expérience, y compris des candidats non titulaires d'un doctorat.

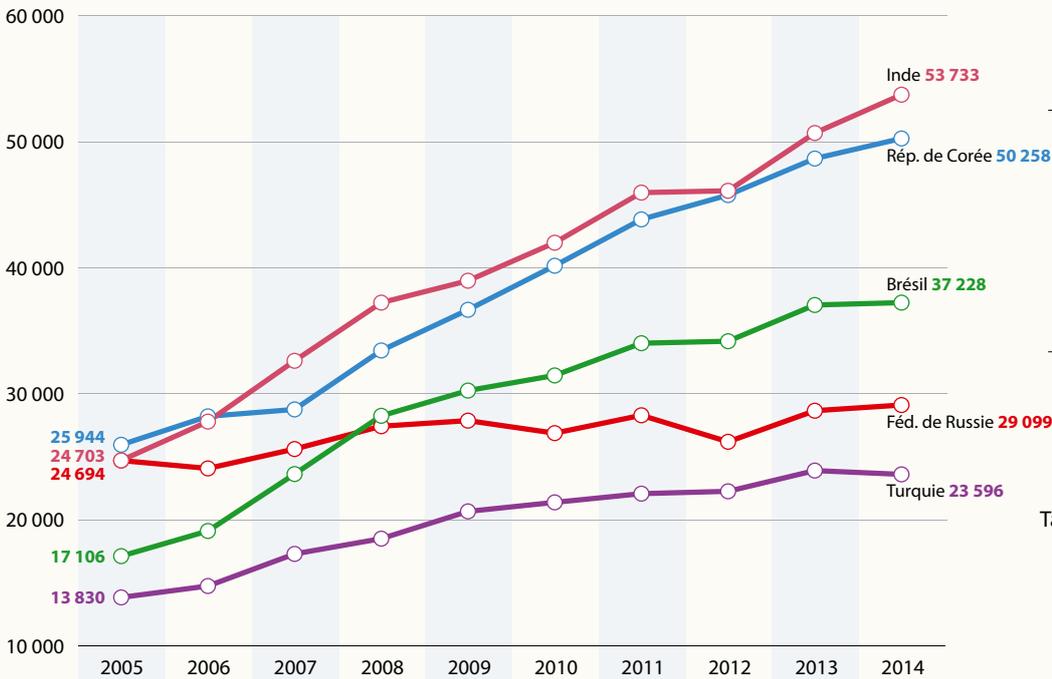
Les demandes de brevet auprès de l'Institut national de propriété intellectuelle (INPI) du Brésil ont progressé de 62 %, passant de 20 639 en 2000 à 33 395 en 2012. Ce taux fait piètre figure à côté de celui des publications scientifiques dans le même intervalle (308 %). En outre, si l'on s'intéresse uniquement aux demandes de brevets déposées par des résidents, la progression a été encore plus faible (21 %).

Les comparaisons internationales s'appuyant sur le nombre de brevets délivrés par l'Office des brevets et des marques des États-Unis d'Amérique (USPTO) donnent une mesure indirecte de la détermination avec laquelle une économie peut rechercher la compétitivité internationale à partir de l'innovation technologique. Bien que le Brésil ait connu une forte croissance dans ce domaine, il n'arrive pas à la hauteur de ses principaux concurrents du point de vue de l'intensité des dépôts de brevets par rapport à sa taille (tableau 8.1). Comparé à d'autres économies émergentes, il semble également accorder relativement moins d'intérêt aux brevets internationaux qu'aux publications (figure 8.10).

Figure 8.9 : Tendances en matière de publications scientifiques au Brésil, 2005-2014

La croissance des publications brésiliennes a légèrement diminué depuis 2008

Les données des autres pays sont indiquées à titre de comparaison



147

Publications par million d'habitants en 2008

184

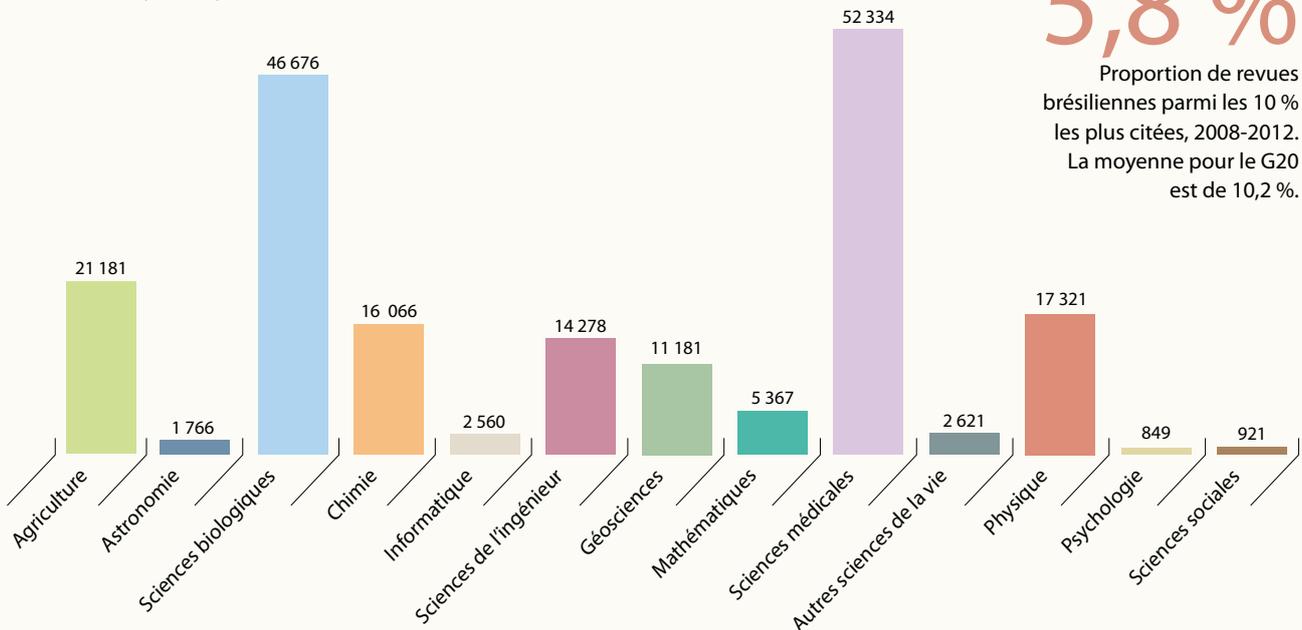
Publications par million d'habitants en 2014

0,74

Taux moyen de citation des publications brésiliennes, 2008-2012. La moyenne pour le G20 est de 1,02.

Les sciences de la vie dominent les publications brésiliennes

Totaux cumulés par discipline, 2008-2014



5,8 %

Proportion de revues brésiliennes parmi les 10 % les plus citées, 2008-2012. La moyenne pour le G20 est de 10,2 %.

Remarque : Les 7 190 articles non indexés sont exclus des totaux.

Les États-Unis, premier partenaire du Brésil

Principaux partenaires étrangers, 2008-2014

	1 ^{er} partenaire	2 ^e partenaire	3 ^e partenaire	4 ^e partenaire	5 ^e partenaire
Brésil	États-Unis (24 964)	France (8 938)	Royaume-Uni (8 784)	Allemagne (8 054)	Espagne (7 268)

Source : Plate-forme de recherche Web of Science de Thomson Reuters, Science Citation Index Expanded ; traitement des données par Science-Metrix.

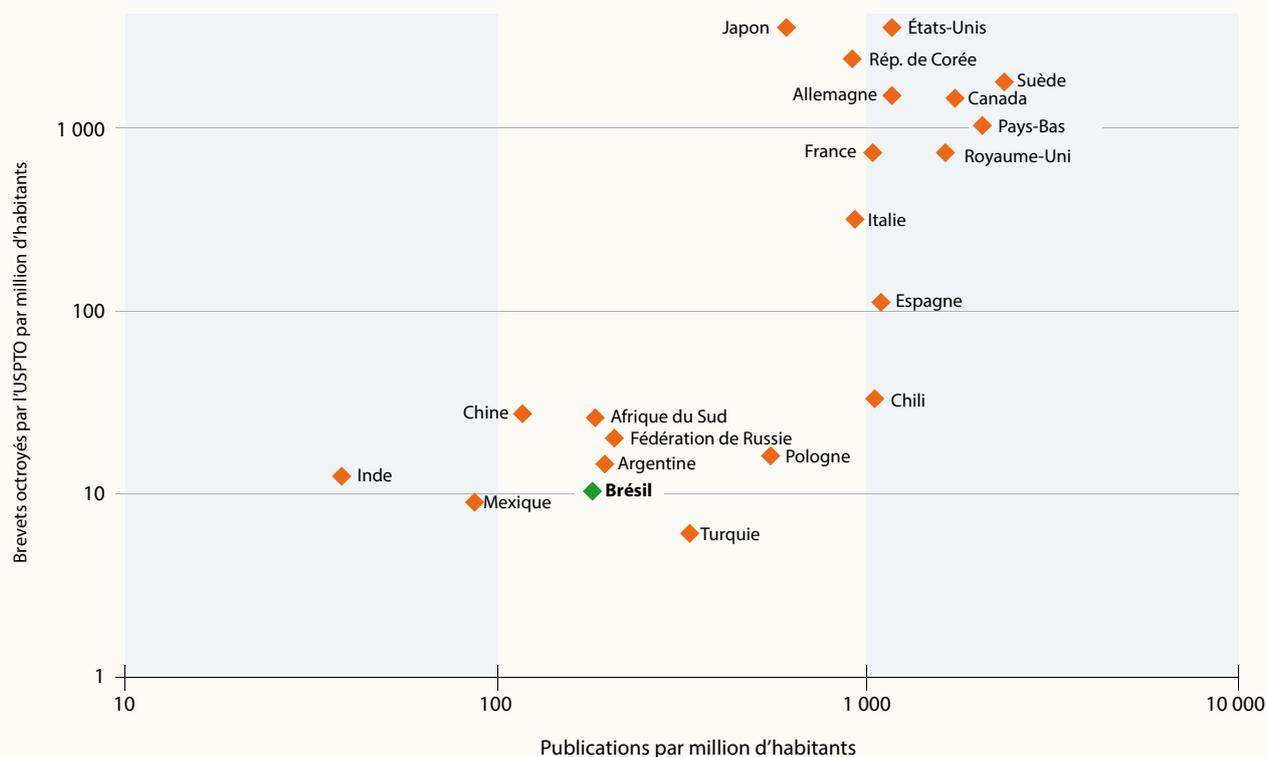
Tableau 8.1 : Brevets d'invention délivrés par l'USPTO à des Brésiliens, 2004-2008 et 2009-2013

	Nombre de brevets, 2004-2008	Nombre de brevets, 2009-2013	Croissance cumulée (%)	Pour 10 millions d'habitants, 2009-2013
Moyenne mondiale	164 835	228 492	38,6	328
Japon	34 048	45 810	34,5	3 592
États-Unis	86 360	110 683	28,2	3 553
Rép. de Corée	3 802	12 095	218,1	2 433
Suède	1 561	1 702	9,0	1 802
Allemagne	11 000	12 523	13,8	1 535
Canada	3 451	5 169	49,8	1 499
Pays-Bas	1 312	1 760	34,1	1 055
Royaume-Uni	3 701	4 556	23,1	725
France	3 829	4 718	23,2	722
Italie	1 696	1 930	13,8	319
Espagne	283	511	80,4	111
Chili	13	34	160,0	33
Chine	261	3 610	1 285,3	27
Afrique du Sud	111	127	14,2	25
Féd. de Russie	198	303	53,1	21
Pologne	15	60	313,7	16
Argentine	54	55	3,4	14
Inde	253	1 425	464,2	12
Brésil	108	189	74,6	10
Mexique	84	106	25,1	9
Turquie	14	42	200,0	6

Source : USPTO.

Figure 8.10 : Intensité relative des publications par rapport aux brevets déposés au Brésil, 2009-2013

Les données des autres pays sont indiquées à titre de comparaison; axes logarithmiques



Source : Pour les brevets, USPTO ; pour les publications, Thomson Reuters ; pour la population, Banque mondiale, Indicateurs du développement dans le monde.

TENDANCES RÉGIONALES

La STI toujours dominée par l'État de São Paulo

Le Brésil est un pays aux dimensions continentales, dont les 27 États présentent des niveaux de développement très variables. Les régions du sud et du sud-est affichent un niveau d'industrialisation et de développement scientifique très supérieur à celles du nord, dont certaines empiètent sur la forêt amazonienne et le bassin de l'Amazone. Le centre-ouest, moteur de la culture et de l'élevage du Brésil, a connu récemment un développement rapide.

L'État de São Paulo, dans le sud-est, constitue l'exemple le plus frappant de ce contraste. Abrisant 22 % (44 millions) des 202 millions d'habitants du pays, cet État produit environ 32 % du PIB et une part comparable de la production industrielle nationale. Il dispose également d'un système très solide d'universités de recherche publiques, inexistant dans la plupart des autres États, et a créé la réputée Fondation d'appui à la recherche de l'État de São Paulo – FAPESP (encadré 8.6). L'État de São Paulo est à l'origine de 46 % des DIRD (dépenses publiques et privées confondues) et de 66 % de la R&D des entreprises.

Tous les indicateurs vont dans le même sens. Près de 41 % des doctorats brésiliens ont été délivrés dans des universités de cet État en 2012, et 44 % de tous les articles rédigés par des chercheurs brésiliens comptent au moins un auteur employé dans une institution de São Paulo. La productivité scientifique (390 articles par million d'habitants entre 2009 et 2013) y est deux fois plus importante que la moyenne nationale (184), un écart qui se creuse depuis quelques années. De même, l'impact relatif des publications émanant de scientifiques de l'État de São Paulo est systématiquement supérieur à celui du Brésil en général pour la décennie écoulée (figure 8.11).

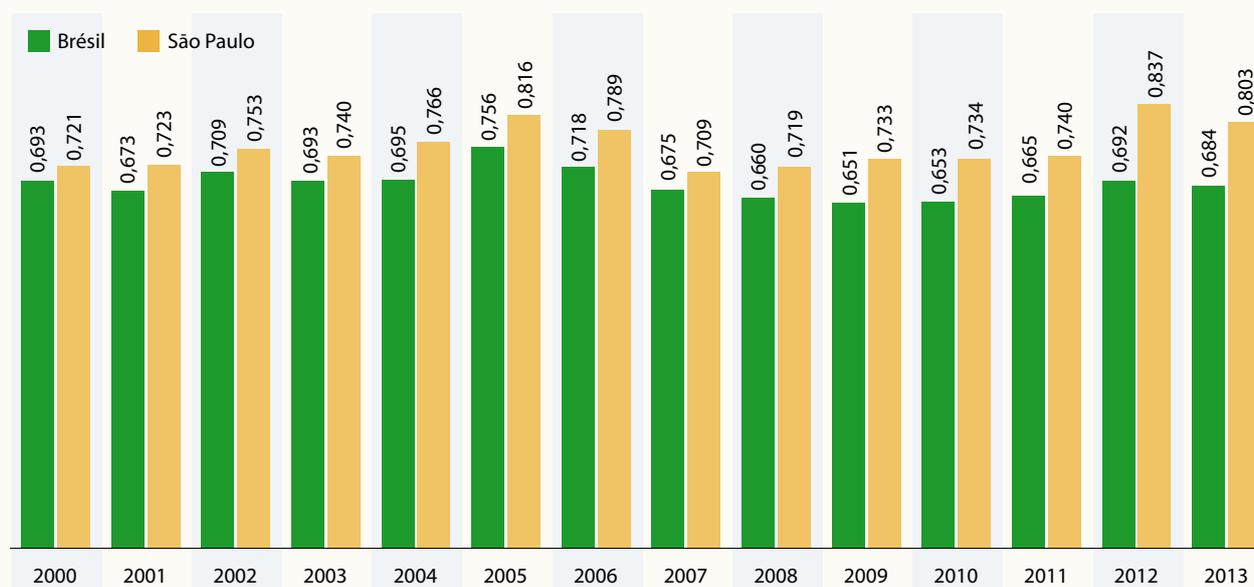
Deux facteurs principaux expliquent le succès de cet État en matière de production scientifique : d'une part, un système d'universités d'État disposant de fonds suffisants, dont font partie l'Université de São Paulo, l'Université de Campinas (Unicamp) et l'Université d'État de São Paulo (figure 8.12), qui apparaissent toutes les trois dans les classements internationaux des universités¹⁰ ; et, d'autre part, le rôle joué par la FAPESP (encadré 8.6). Le système universitaire et la FAPESP reçoivent l'un et l'autre, au titre de leur budget annuel, une part fixe des taxes de vente prélevées par l'État, et ils jouissent d'une totale autonomie quant à l'usage de ces fonds.

De 2006 à 2014, la proportion de chercheurs brésiliens accueillis par des institutions du sud-est n'a cessé de diminuer, passant de 50 % à 44 %. Dans le même temps, la proportion des États du nord-est s'est hissée de 16 % à 20 %. Il est encore trop tôt pour observer les effets de cette évolution sur la production scientifique ou sur le nombre de doctorats délivrés, mais ces indicateurs devraient logiquement progresser à leur tour.

Nonobstant ces tendances positives, des inégalités régionales persistent en ce qui concerne les dépenses de R&D, le nombre d'institutions de recherche et la productivité scientifique. L'élargissement des projets de recherche à d'autres États et au-delà du Brésil aiderait certainement les scientifiques de ces régions à rattraper leurs voisins méridionaux.

10. Au palmarès universitaire 2015 pour les BRICS et les économies émergentes publié par Times Higher Education, l'Université de São Paulo se classe 10^e, Unicamp 27^e et l'Universidade Estadual Paulista (Unesp) 97^e. Une seule autre université brésilienne figure parmi les 100 premières : l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ, 67^e). Au classement QS University Rankings 2015 pour l'Amérique latine, l'Université de São Paulo arrive 1^e, Unicamp 2^e, l'UFRJ 5^e et l'Unesp 8^e.

Figure 8.11 : Impact relatif des publications scientifiques de São Paulo et du Brésil, 2000-2013



Source : InCites/Thomson Reuters, octobre 2014.

Figure 8.12 : Parts relatives des États du Brésil en matière d'investissement dans la science et la technologie

69,50 BRL

Moyenne nationale de dépense en science et technologie par habitant



Dix des universités de recherche du Brésil se trouvent à Rio de Janeiro et à São Paulo

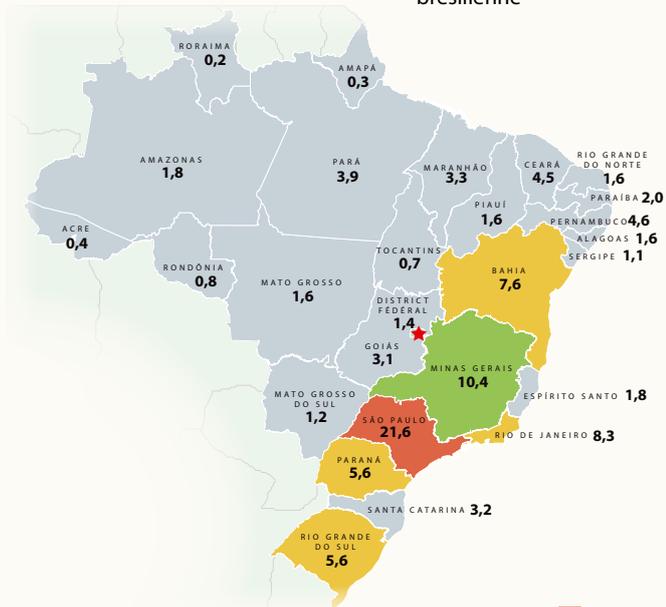
Universités de recherche du Brésil

Région/unité fédérative	Universités de recherche	Région/unité fédérative	Universités de recherche
Ceará	Université fédérale du Ceará	São Paulo	Université de São Paulo
Pernambuco	Université fédérale de Pernambuco		Université de Campinas (Unicamp)
Minas Gerais	Université fédérale du Minas Gerais		Université d'État de São Paulo
Rio de Janeiro	Université fédérale de Rio de Janeiro		Université fédérale de São Paulo
	Fondation Oswaldo Cruz		Université fédérale de São Carlos
	Université pontificale catholique	Rio Grande do Sul	Université fédérale du Rio Grande do Sul
	Université de Rio de Janeiro		Université pontificale du Rio Grande do Sul
	Université d'État de Rio de Janeiro	Santa Catarina	Université fédérale de Santa Catarina
Paraná	Université fédérale du Paraná	District fédéral	Université de Brasilia

Six États regroupent 59 % de la population

22 %

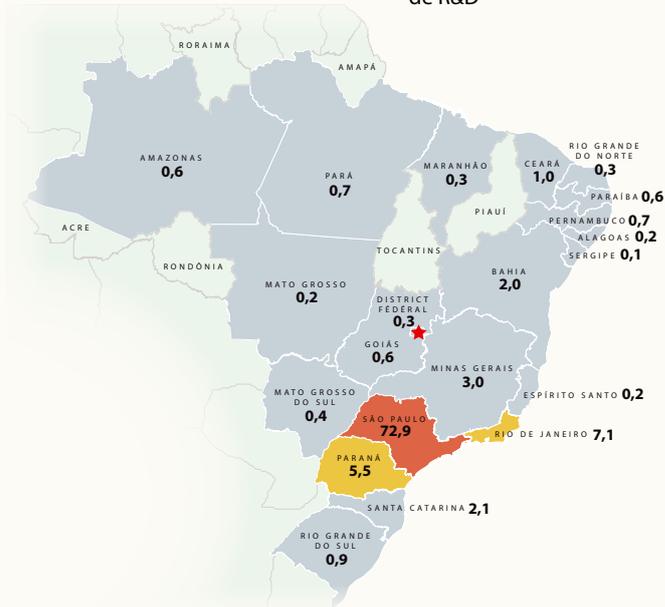
Part de l'État de São Paulo dans la population brésilienne



L'État de São Paulo concentre les trois quarts des dépenses publiques de R&D

73 %

Part de l'État de São Paulo dans les dépenses publiques de R&D

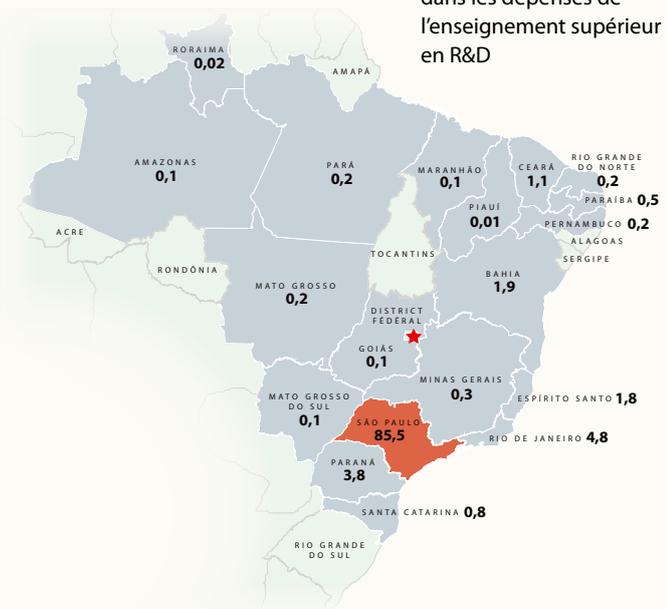


- Plus de 15 % du total
- 10 à 14,9 % du total
- 5 à 9,9 % du total
- Moins de 5 % du total
- Données non disponibles
- ↑ Nombre d'universités de recherche

São Paulo domine les dépenses de l'enseignement supérieur en matière de R&D

86 %

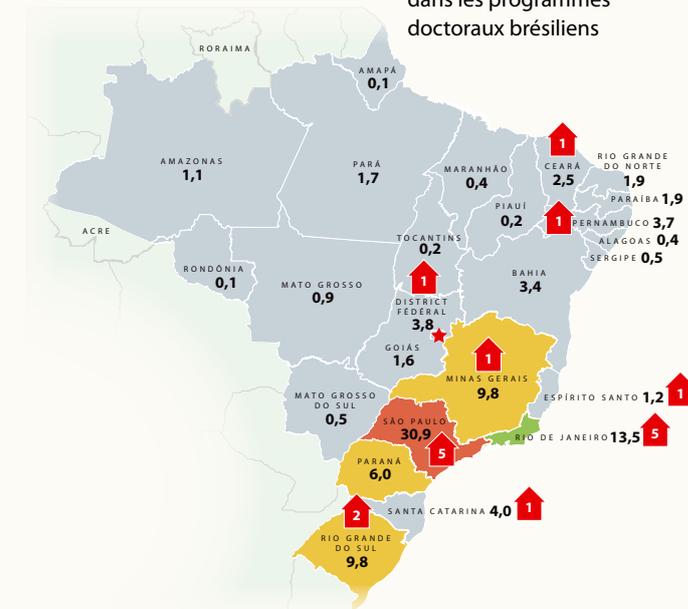
Part de l'État de São Paulo dans les dépenses de l'enseignement supérieur en R&D



Cinq États concentrent plus de la moitié des programmes doctoraux brésiliens

31 %

Part de l'État de São Paulo dans les programmes doctoraux brésiliens



Source : Institut brésilien de géographie et de statistiques (IBGE).

Encadré 8.6 : La FAPESP : un modèle de financement durable

La Fondation d'appui à la recherche de l'État de São Paulo (FAPESP) est la fondation publique de recherche de l'État de São Paulo. Elle reçoit des financements durables sous la forme d'une part annuelle, fixée à 1 %, des taxes sur les ventes, en vertu d'une disposition de la Constitution de l'État. Cette dernière dispose par ailleurs que les dépenses administratives ne doivent pas représenter plus de 5 % du budget de la Fondation, ce qui limite tout abus. La FAPESP bénéficie ainsi de financements stables et d'une autonomie opérationnelle.

La Fondation repose sur un système d'examen collégial, par le biais de comités

composés de chercheurs actifs et organisés par thématique de recherche. Outre le financement de recherches dans tous les domaines scientifiques, la FAPESP soutient quatre grands programmes de recherche consacrés à la biodiversité, à la bioénergie, au changement climatique mondial et aux neurosciences.

En 2013, les dépenses de la FAPESP se sont élevées à 1,085 milliard de réaux (environ 330 millions de dollars É.-U.). La Fondation a conclu des accords de coopération nationaux et internationaux avec des organismes de financement de la recherche, des universités, des instituts de recherche et des entreprises. Elle compte parmi ses

partenaires internationaux le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) en France, la Fondation allemande pour la recherche en Allemagne et la Fondation nationale pour la science aux États-Unis.

La FAPESP propose également un large éventail de programmes d'aide aux scientifiques étrangers qui désirent travailler à São Paulo : bourses postdoctorales, prix des jeunes chercheurs, subventions destinées aux chercheurs invités, etc.

Source : Compilation des auteurs.

CONCLUSION

Innover pour conserver sa compétitivité à l'échelle internationale

Au cours des dernières décennies, le Brésil a profité de la reconnaissance internationale de son succès en matière de réduction de la pauvreté et des inégalités grâce à des politiques sociales actives. Depuis que la croissance économique a commencé à s'essouffler en 2011, cependant, les progrès de l'inclusion sociale ont également ralenti. La majorité de la population active occupant un emploi à l'heure actuelle (le chômage est descendu à 5,9 % en 2013), le seul moyen de relancer la croissance consistera à améliorer la productivité. Pour cela, deux ingrédients sont essentiels : la STI et l'éducation de la main-d'œuvre.

Le volume des publications brésiliennes a considérablement augmenté ces dernières années. Plusieurs chercheurs ont également été distingués pour la qualité de leurs travaux. C'est le cas notamment d'Ártur Avila, qui est devenu le tout premier mathématicien latino-américain à recevoir la prestigieuse médaille Fields en 2014.

Néanmoins, les progrès de l'impact général des sciences brésiliennes demeurent globalement limités. Les citations de publications brésiliennes sont encore très en deçà de la moyenne du G20. Cela peut être dû, dans une certaine mesure, au fait que beaucoup d'articles sont encore publiés en portugais dans des revues brésiliennes au tirage limité, échappant de ce fait aux radars internationaux. Dans ce cas, ce manque de visibilité est le prix provisoire à payer pour l'envolée des inscriptions universitaires de ces dernières années. Il n'en demeure pas moins que d'autres économies émergentes, comme l'Inde, la République de Corée ou la Turquie, obtiennent de bien meilleurs résultats depuis environ cinq ans. Des efforts concertés d'extension et d'intensification des collaborations internationales seront nécessaires pour améliorer la qualité et la visibilité des sciences brésiliennes.

L'éducation est désormais au cœur des débats politiques nationaux. Le nouveau Ministre de l'éducation promet de

réformer le système éducatif secondaire, qui représente l'une des principales entraves à l'amélioration du niveau d'études de la population active, ainsi que l'ont clairement illustré les résultats PISA. La nouvelle loi sur l'éducation propose des objectifs très ambitieux pour 2024, notamment ceux d'élargir encore l'accès à l'enseignement supérieur et d'améliorer la qualité de l'éducation de base.

Un autre obstacle réside dans le faible nombre de brevets délivrés par l'USPTO à des candidats brésiliens. Cette tendance montre que les entreprises brésiliennes ne sont pas encore prêtes à rivaliser à l'échelle internationale en matière d'innovation. La dépense privée de R&D reste relativement faible comparée à d'autres économies émergentes. Ce qui est plus inquiétant, c'est qu'il n'y a eu pratiquement aucune évolution dans ce domaine depuis la croissance modeste enregistrée lors de l'essor des matières premières entre 2004 et 2010. De manière générale, l'investissement recule, de même que la part de la production industrielle dans le PIB et la participation du Brésil au commerce extérieur, en particulier en ce qui concerne les exportations de biens manufacturés. Tous ces indicateurs d'une économie innovante sont dans le rouge.

Le nouveau Ministre des finances semble conscient des multiples problèmes et déformations qui ont handicapé l'économie brésilienne ces dernières années, notamment un protectionnisme mal avisé et un favoritisme privilégiant certains grands groupes économiques¹¹. Il a donc proposé une série de mesures pour reprendre le contrôle du budget en vue de préparer le terrain pour un nouveau cycle de croissance. Cela dit, l'industrie brésilienne est en si piteux état qu'il faudrait revoir la totalité de l'approche du pays en matière de politiques industrielles et commerciales. Le secteur industriel national doit être exposé à la concurrence internationale et incité à considérer l'innovation technologique comme une part essentielle de sa mission.

11. L'enquête sur le scandale qui a récemment éclaboussé le géant pétrolier Petrobrás a révélé la grande quantité de subventions que certaines entreprises de construction avaient reçues par le biais de la Banque nationale de développement économique et social (BNDES) pour des projets internationaux exécutés en l'absence quasi totale de contrôle des autorités réglementaires brésiliennes.

OBJECTIFS PRINCIPAUX DU BRÉSIL

- Obtenir d'ici 2024, chez les élèves brésiliens de 15 ans, un score en mathématiques de 473 au Programme international pour le suivi des acquis des élèves de l'OCDE (PISA) ;
- Élever le niveau d'investissement en capital fixe, d'ici 2014, à 22,4 % du PIB (contre 19,5 % en 2010) ;
- Élever les investissements des entreprises dans la R&D, d'ici 2014, à 0,90 % du PIB (contre 0,57 % en 2010) ;
- Élever la part de la population active ayant achevé ses études secondaires à 65 % (contre 54 % auparavant) ;
- Élever d'ici 2014 la part des entreprises à forte concentration de savoirs à 31,5 % au total (contre 30,1 % auparavant) ;
- Porter le nombre de PME innovantes à 58 000 d'ici 2014 (contre 37 000 auparavant) ;
- Diversifier les exportations et atteindre, d'ici 2014, une part du Brésil dans les échanges mondiaux de 1,60 % (contre 1,36 % auparavant) ;
- Étendre l'accès à l'Internet large bande fixe à 40 millions de foyers en 2014 (contre 14 millions auparavant).

RÉFÉRENCES

- Aghion, P. et Howitt, P. (1998) *Endogenous Growth Theory*. Massachusetts Institute of Technology Press : Boston (États-Unis).
- Balbachevsky, E. et Schwartzman, S. (2010) The graduate foundations of Brazilian research. *Higher Education Forum*, 7 : p. 85-100. Institut de recherche sur l'enseignement supérieur, Université de Hiroshima. Hiroshima University Press : Hiroshima.
- Brito Cruz, C. H. et Pedrosa, R. H. L. (2013) Past and present trends in the Brazilian research university. In : Amrhein, C. G. et Baron, B. (dir.) *Building Success in a Global University*. Lemmens Medien : Bonn et Berlin.
- CEPALC (2014a) *Social Panorama of Latin America 2013, 2014*. Commission économique des Nations Unies pour l'Amérique latine et les Caraïbes : Santiago (Chili).
- CEPALC (2014b) *Pactos para la igualdad: Hacia un futuro sostenible*. Commission économique des Nations Unies pour l'Amérique latine et les Caraïbes, 35^e session, Lima.
- FAPESP (2015) *Boletim de Indicadores em Ciência e Tecnologia, n° 5*. Fondation d'appui à la recherche de l'État de São Paulo.
- Hanushek, E. A. et Woessmann, L. (2012) Schooling, educational achievement and the Latin American growth puzzle. *Journal of Development Economics*, 99 : p. 497-512.

- Heston, A., Summers, R. et Aten, B. (2012) *Penn World Table Version 7.1*. Centre des comparaisons internationales de la production, du revenu et des prix. Université de Pennsylvanie (États-Unis). Juillet. Voir <https://pwt.sas.upenn.edu>.
- IBGE (2013) *Pesquisa de Inovação (PINTEC) 2011*. Institut brésilien de géographie et de statistiques : Rio de Janeiro. Voir www.pintec.ibge.gov.br.
- MSTI (2007) *Plano de Ação 2007-2010, Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional [Plan d'action 2007-2010 : Science, technologie et innovation pour le développement national]*. Ministère de la science, de la technologie et de l'innovation. Voir www.mct.gov.br/upd_blob/0203/203406.pdf.
- OCDE (2014) *Objectif croissance*. Note par pays sur le Brésil. Organisation de coopération et de développement économiques : Paris.
- Pedrosa, R. H. L. et Queiroz, S. R. R. (2013) *Brazil: Democracy and the 'Innovation Dividend'*. Centre pour le développement et la création d'entreprises : Afrique du Sud ; Institut Legatum : Londres.
- Pedrosa, R. H. L., Amaral, E. et Knobel, M. (2013) Assessing higher education learning outcomes in Brazil. *Politiques et gestion de l'enseignement supérieur*, 11(24) : p. 55-71. Organisation de coopération et de développement économiques : Paris.
- PISA (2012) *Programme international pour le suivi des acquis des élèves, Résultats*. Organisation de coopération et de développement économiques : Paris. Voir www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-brazil.pdf.

Renato Hyuda de Luna Pedrosa, né en 1956 au Brésil, est maître de conférences au Département de politiques scientifiques et technologiques de l'Université de Campinas au Brésil. Il est titulaire d'un doctorat en mathématiques délivré par l'Université de Californie à Berkeley (États-Unis).

Hernan Chaimovich, né en 1939 au Chili, est biochimiste et conseiller spécial auprès de la direction scientifique de la Fondation d'appui à la recherche dans l'État de São Paulo (FAPESP). Il publie régulièrement des articles scientifiques relatifs à l'enseignement supérieur et aux politiques scientifiques et technologiques dans des revues, des magazines et des journaux.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Joana Santa-Cruz de l'équipe en charge des indicateurs STI au sein de la Fondation d'appui à la recherche dans l'État de São Paulo (FAPESP) pour sa contribution à la collecte et à l'organisation des données exploitées dans le présent chapitre.