



Le gouvernement devrait soutenir l'émergence de start-up à vocation technologique afin d'étendre la culture de l'innovation en Inde.

Sunil Mani

Les sociétés indiennes détiennent la plupart des brevets pharmaceutiques, mais dans le domaine des logiciels informatiques, ce sont les sociétés étrangères installées en Inde qui l'emportent.

Photo © A and N photography/Shutterstock.com

22. Inde

Sunil Mani

INTRODUCTION

Croissance sans emploi : une préoccupation émergente

Pour la première fois de son histoire, l'économie indienne a enregistré une croissance annuelle d'environ 9 % entre 2005 et 2007. Depuis 2008 et la crise financière mondiale, l'envolée du PIB s'est sensiblement ralentie (environ 5 % par an). On a cependant constaté de brefs rebonds entre 2009 et 2011 (tableau 22.1).

Ces dernières années ont été contrastées en Inde. Parmi les éléments positifs, citons la réduction systématique du taux de pauvreté, les améliorations des fondamentaux macroéconomiques qui étayaient la croissance économique, l'augmentation des flux entrants et sortants des investissements directs étrangers (IDE) et, depuis 2005, le positionnement du pays en tant que leader mondial des exportations de services informatiques et en tant que pôle des dénommées « innovations frugales », dont certaines sont exportées vers les pays occidentaux. Parmi les éléments négatifs figurent l'inégalité croissante de la répartition des revenus, le taux d'inflation élevé et le déficit actuel, ainsi que la faible création d'emplois en dépit de la croissance économique, un phénomène connu sous l'euphémisme de « croissance sans emploi ». Comme nous allons le voir, les politiques publiques ont cherché à réduire les effets délétères de ces faiblesses sans pour autant nuire aux atouts du pays.

Venez fabriquer en Inde !

En mai 2014, le parti Bharatiya Janata a remporté les élections législatives avec une majorité de sièges au parlement (52 %), une première depuis trente ans, et s'apprêtait à gouverner sans le soutien d'autres partis. Le Premier Ministre Narendra Modi aura ainsi les mains libres pour mettre en œuvre son programme jusqu'aux prochaines élections générales en 2019.

Dans son discours prononcé à l'occasion de la Journée de l'indépendance, le 15 août 2014, le Premier Ministre a vanté les mérites d'un nouveau modèle économique axé sur la fabrication et l'export. Il a encouragé les sociétés nationales et étrangères à fabriquer en Inde des produits destinés à l'exportation, lançant à plusieurs reprises le slogan « Come manufacture in India! » (Venez fabriquer en Inde !). À l'heure actuelle, l'économie indienne repose surtout sur le secteur des services (57 % du PIB), l'industrie venant loin derrière (25 % du PIB, dont un peu plus de la moitié, 13 % en 2013, provenait du secteur manufacturier¹).

La nouvelle stratégie de croissance du gouvernement², calquée sur celle des pays d'Asie de l'Est et centrée sur le développement du secteur manufacturier et des infrastructures lourdes, est également voulue par l'évolution démographique : chaque année, 10 millions de jeunes Indiens arrivent sur le marché de l'emploi. Le pays est par ailleurs confronté à un fort exode rural. Si le secteur des services a stimulé la croissance au cours des dernières années, il n'a pas créé suffisamment de postes : en effet, il n'emploie³ qu'environ un quart de la population active.

1. La *Politique nationale de fabrication* (2011) vise à porter la part du secteur manufacturier de 15 % à environ 25 % du PIB d'ici 2022. La politique propose en outre d'accroître la part des produits manufacturés de haute technologie (industries aérospatiale, pharmaceutique, chimique, électronique et des télécommunications) d'ici 2022, en augmentant, d'une part, leur production (de 1 % à au moins 5 %) et, d'autre part, leurs exportations (actuellement de 7 %).

2. Le modèle de croissance de l'Asie de l'Est est fondé sur le rôle de premier plan de l'État dans l'augmentation globale du taux d'investissement national, et plus spécifiquement dans les industries manufacturières.

3. Le faible niveau de création d'emplois peut s'expliquer par la composition du secteur des services : le commerce de gros et de détail arrive en tête (23 %), suivi de l'immobilier, de l'administration publique et de la défense (environ 12 % chacun) et enfin du bâtiment (quelque 11 %). Voir Mukherjee (2013).

Tableau 22.1 : Entre optimisme et inquiétude : performances socioéconomiques de l'Inde, 2006-2013

	2006	2008	2010	2012	2013
Taux de croissance du PIB réel (%)	9,3	3,9	10,3	4,7	4,7
Taux d'épargne (% du PIB)	33,5	36,8	33,7	31,3	30,1
Taux d'investissement (% du PIB)	34,7	38,1	36,5	35,5	34,8
Pourcentage de la population vivant en dessous du seuil de pauvreté (%)	37,20 ⁻¹	-	-	21,9	-
Population privée d'accès aux installations d'assainissement améliorées (%)	-	-	-	64,9 ⁻¹	-
Population privée d'accès à l'électricité (%)	-	-	-	24,7 ⁻¹	-
Afflux nets d'IDE (en milliards de dollars É.-U.)	8,90	34,72	33,11	32,96	30,76 ⁺¹
Flux sortants nets d'IDE (en milliards de dollars É.-U.)	5,87	18,84	15,14	11,10	9,20 ⁺¹
Part de l'Inde dans les exportations mondiales de services de logiciels informatiques (%)	15,4	17,1	17,5	18,1	-
Inflation, prix à la consommation (%)	6,15	8,35	11,99	9,31	10,91
Inégalités en matière de revenus (indice de Gini)	33,4	-	35,7	-	-
Croissance sans emploi (ratio de croissance des effectifs dans le secteur formel)	0,20	0,12	0,22	-	-

+n/-n : les données correspondent à un nombre n d'années avant ou après l'année de référence.

Source : Organisation centrale de statistique de l'Inde ; Reserve Bank of India ; PNUD (2014) ; Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (2014) *World Water Development Report: Water and Energy*.

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

Le gouvernement aura notamment pour tâche de créer un environnement fiscal et réglementaire plus propice aux affaires. Pour connaître le même succès que les pays d'Asie de l'Est, l'Inde devra également relever son ratio d'investissement fixe bien au-delà des 30 % actuels (Sanyal, 2014).

Dans son discours, Narendra Modi a aussi annoncé la dissolution de la Commission nationale de planification. C'est là une des réorientations politiques les plus importantes en Inde depuis la publication du *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*. Cette décision a sonné le glas du modèle de planification du développement en vigueur en Inde depuis 65 ans, qui s'est traduit par une longue série de plans de développement à moyen terme assortis d'objectifs spécifiques. Le 1^{er} janvier 2015, le gouvernement a annoncé que l'Institution nationale pour la transformation de l'Inde (NITI Ayog) prendrait le relais de la Commission nationale de planification. Le rôle de ce nouveau groupe de réflexion sur les questions liées au développement sera de produire des rapports sur des points stratégiques qui seront ensuite discutés par le Conseil national de développement, auquel participent tous les ministres principaux. Rompant avec les anciennes pratiques, l'Institution accordera aux 29 États indiens un rôle nettement plus déterminant dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques que son prédécesseur. Elle contribuera également activement aux mécanismes de mise en œuvre parrainés par le gouvernement central.

Ce changement d'organe n'affectera en rien le *Douzième plan quinquennal* (2012-2017). Jusqu'à maintenant, la Commission de planification avait coordonné le large éventail d'institutions soutenant l'évolution technologique, en grande partie dans le cadre de ces plans quinquennaux. Citons, entre autres, le Conseil scientifique auprès du Premier Ministre, le Conseil national d'innovation et le Ministère de la science et de la technologie. Cette fonction de coordination sera dorénavant assurée par la NITI Ayog.

En 2014, le nouveau gouvernement a présenté deux propositions concernant la science. La première consistait à adopter une politique globale en matière de brevets. La deuxième suggérait que les chercheurs expérimentés des laboratoires publics enseignent les sciences dans les établissements d'enseignement primaire, secondaire et supérieur afin d'améliorer la qualité de l'éducation scientifique. Un comité d'experts a été chargé d'élaborer la politique sur les brevets. Cependant, le projet de rapport présenté par le comité en décembre 2014 ne prévoit pas de réforme de la politique actuelle, mais encourage le gouvernement à populariser une culture des brevets parmi les investisseurs potentiels des secteurs économiques formel et informel. Il suggère en outre que le régime des brevets de l'Inde adopte des modèles d'utilité afin d'encourager les petites et moyennes entreprises (PME) à être plus innovantes.

La politique étrangère de l'Inde ne constituera pas une rupture avec le passé

La politique étrangère du gouvernement de Narendra Modi ne devrait pas s'éloigner du modèle des administrations précédentes qui, fidèles au précepte de Jawaharlal Nehru, chef du premier gouvernement de l'Inde, ont considéré que « la politique étrangère est, en dernière instance, le résultat de la politique

économique ». En 2012-2013, les trois plus grands marchés d'exportation de l'Inde étaient les Émirats arabes unis, les États-Unis et la Chine. Le fait que Narendra Modi ait invité tous les chefs de gouvernement de l'Association sud-asiatique de coopération régionale (ASACR)⁴ à sa cérémonie d'investiture le 26 mai 2014, ce qu'aucun de ses prédécesseurs n'avait fait, est parlant. Tous ont d'ailleurs accepté son invitation. De plus, à l'occasion du sommet de l'ASACR en novembre 2014, Narendra Modi a demandé à tous ses membres de multiplier les possibilités d'investissement des sociétés indiennes dans leur pays, en échange d'un meilleur accès au vaste marché de consommation de l'Inde (voir p. 569).

Dans le domaine de l'innovation, les pays occidentaux demeureront sans doute les principaux partenaires commerciaux de l'Inde en dépit de ses liens avec les autres BRICS (Brésil, Fédération de Russie, Chine et Afrique du Sud) qui ont donné lieu à la conclusion d'un accord en juillet 2014 portant création de la Nouvelle banque de développement (ou Banque de développement des BRICS), qui a pour vocation première les prêts aux infrastructures⁵.

Trois facteurs expliquent la dépendance continue de l'Inde à l'égard de la science et de la technologie occidentales. Le premier est la présence croissante des multinationales occidentales dans les zones industrielles du pays. Le deuxième tient aux nombreux rachats de sociétés étrangères par des sociétés indiennes, généralement dans des économies de marché développées. Le troisième est lié à la récente augmentation du nombre d'étudiants indiens en science et en ingénierie dans les universités occidentales, désormais très nombreux ; les échanges universitaires entre l'Inde et les pays occidentaux sont par conséquent en très nette hausse.

La croissance économique a dynamisé la production de la R&D

Ces cinq dernières années, tous les indicateurs de production de la recherche et développement (R&D) ont rapidement progressé, aussi bien en ce qui concerne la délivrance de brevets à l'échelle nationale et internationale et la part des exportations de haute technologie dans le total des exportations que le nombre de publications scientifiques (figure 22.1). L'Inde a continué de renforcer ses capacités dans des domaines de haute technologie tels que la technologie spatiale, les produits pharmaceutiques et les services informatiques.

Deux exemples récents illustrent le chemin parcouru par l'Inde ces dernières années : sa position de leader mondial des exportations d'ordinateurs et de services informatiques depuis 2005 et le succès de sa première mission spatiale vers Mars⁶ en septembre 2014, qui a propulsé l'innovation frugale vers de nouveaux sommets : sa sonde Mangalyaan n'a coûté que 74 millions de dollars des États-Unis, une bagatelle comparée à la sonde Maven (671 millions de dollars É.-U.) mise au point par la

4. L'encadré 21.1 fournit de plus amples détails sur l'Université de l'Asie du Sud, un projet de l'ASACR.

5. Les cinq BRICS contribuent à parts égales à la Banque, dont le capital initial est de 100 milliards de dollars des États-Unis. Son siège se trouve à Shanghai (Chine) et sa succursale régionale en Afrique du Sud ; l'Inde exerce la présidence.

6. Lancée depuis la base de Sriharikota, sur la côte est de l'Inde, la sonde Mangalyaan étudie l'atmosphère de la planète rouge dans l'espoir d'y déceler du méthane, un indicateur de vie microbienne. Elle ne cessera d'envoyer des données vers la Terre que lorsqu'elle sera à cours de carburant.

Figure 22.1 : Tendances en matière de publications scientifiques en Inde, 2005-2014

Forte reprise des publications en 2012



0,76

Taux moyen de citation des publications scientifiques indiennes, 2009-2012 ; la moyenne pour le G20 est de 1,02.

6,4 %

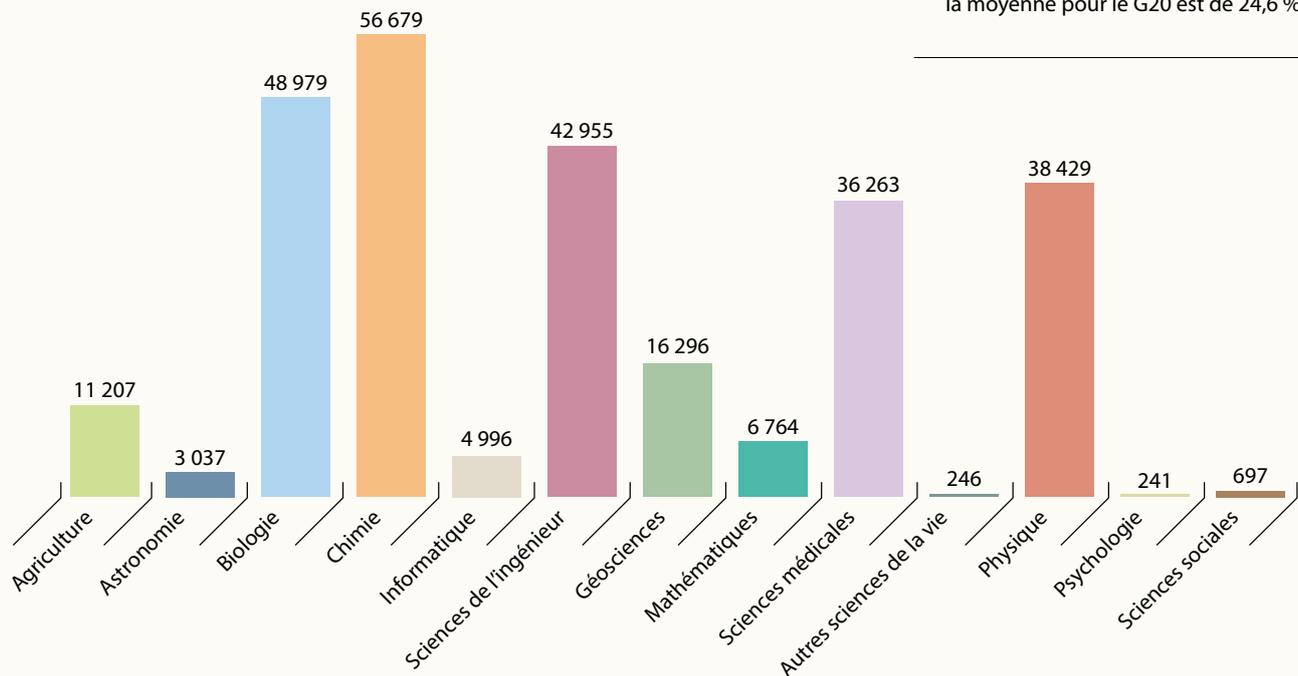
Part des articles indiens dans les 10 % les plus cités, 2009-2012 ; la moyenne pour le G20 est de 10,2 %.

21,3 %

Pourcentage d'articles indiens ayant au moins un coauteur étranger, 2008-2014 ; la moyenne pour le G20 est de 24,6 %

La production scientifique indienne est assez diversifiée

Totaux cumulés par discipline, 2008-2014



Les États-Unis demeurent le principal partenaire scientifique de l'Inde

Principaux partenaires étrangers, 2008-2014 (en nombre d'articles)

	1 ^{er} partenaire	2 ^e partenaire	3 ^e partenaire	4 ^e partenaire	5 ^e partenaire
Inde	États-Unis (21 684)	Allemagne (8 540)	Royaume-Uni (7 847)	Rép. de Corée (6 477)	France (5 859)

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

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

NASA (Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace des États-Unis), et qui est arrivée dans l'orbite de Mars trois jours à peine avant Mangalyaan. Avant cet exploit, seuls l'Agence spatiale européenne, les États-Unis et l'ancienne Union soviétique avaient réussi à atteindre l'atmosphère de Mars ; sur les 41 tentatives précédentes, 23 avaient échoué, dont des missions chinoises et japonaises.

L'Inde participe également à certains projets scientifiques parmi les plus sophistiqués au monde. La Commission nationale de l'énergie atomique a ainsi participé à la construction du plus grand et du plus puissant accélérateur de particules au monde, le Grand collisionneur de hadrons (LHC), en service depuis 2009 au CERN (Organisation européenne pour la recherche nucléaire), en Suisse ; en outre, plusieurs institutions indiennes collaborent à un projet expérimental de plusieurs années⁷ qui a recours au LHC. L'Inde participe actuellement à la construction d'un autre accélérateur de particules, l'installation FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) en Allemagne, où travailleront des scientifiques d'environ 50 pays à compter de 2018. Le projet ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), un réacteur expérimental thermonucléaire international, en construction en France jusqu'en 2018, compte également l'Inde parmi ses participants.

Le domaine de la science a connu des hauts et des bas, dans un pays traditionnellement pourtant plus attaché à la production scientifique que technologique. Cela explique le dynamisme des sociétés exigeant des compétences scientifiques (pharmaceutiques, par exemple) par rapport à celles nécessitant des compétences en matière d'ingénierie.

Ces dernières années, le secteur des entreprises commerciales n'a cessé de croître. Cette tendance, qui transforme rapidement le paysage indien, mérite d'être analysée. Les trois principales industries – pharmaceutique, automobile et des logiciels – sont axées sur le commerce. Même l'innovation frugale semble être orientée vers la fourniture de produits et de services. Parmi les organismes publics, l'industrie de la défense domine la R&D mais, jusqu'à présent, a peu transféré de technologies vers la société civile. Cette situation est sur le point de changer.

Le gouvernement investit dans de nouveaux domaines comme la conception aéronautique, les nanotechnologies et les sources d'énergie verte, en vue de soutenir les capacités nationales en matière de haute technologie. Il s'appuie en outre sur les capacités nationales en technologies de l'information et de la communication (TIC) pour resserrer l'écart entre les milieux urbain et rural, et met en place des centres d'excellence agronomique pour corriger la chute préoccupante des rendements de certaines cultures alimentaires de base.

Comme le signale le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*, l'industrie s'est récemment plainte de la forte pénurie de personnel qualifié. La recherche universitaire s'essouffle également. En effet, les universités n'assurent plus que 4 % de la

7. Depuis novembre 2014, l'Institut indien de technologie, basé à Madras, est membre à part entière de l'expérience CMS (Compact Muon Selenoid) menée par le CERN et célèbre depuis la découverte du Boson de Higgs en 2013. L'Institut Tata de recherche fondamentale de Mumbai, le Centre de recherche atomique de Bhabha et les Universités de Delhi et du Pendjab en font partie depuis des années.

R&D en Inde. Afin de corriger ce déséquilibre, le gouvernement a mis en place ces 10 dernières années plusieurs mécanismes, dont nous analyserons l'efficacité dans la dernière partie du présent chapitre.

TENDANCES EN MATIÈRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE

La R&D commerciale se développe mais l'intensité globale de la R&D ne suit pas la même tendance

Le seul indicateur clé qui a stagné ces dernières années est l'effort consenti par l'Inde en matière de R&D. La croissance économique soutenue a donné un coup d'élan aux dépenses intérieures brutes de recherche et développement (DIRD) qui sont passées de 27 milliards de dollars PPA à 48 milliards entre 2005 et 2011 ; cependant, cette croissance annuelle de 8 % (en dollars PPA constants) a seulement permis de maintenir le ratio national DIRD/PIB au même niveau entre 2005 et 2011, à savoir 0,81 %.

La *Politique scientifique et technologique* (2003) de l'Inde n'ayant pas atteint son objectif de hisser les DIRD à 2,0 % du PIB en 2007, le gouvernement s'est vu contraint de repousser l'échéance à 2018 dans le cadre de la dernière *Politique des sciences, de la technologie et de l'innovation* (2013). Pour sa part, la Chine est en passe d'atteindre son objectif et d'augmenter ses DIRD de 1,39 % du PIB en 2006 à 2,50 % en 2020. En 2013, son ratio DIRD/PIB était de 2,08 %.

Les *Politiques scientifiques et technologiques* de 2003 et 2013⁸ mettent l'accent sur l'importance des investissements privés pour développer les capacités technologiques de l'Inde. Le gouvernement a mis en place des incitations fiscales pour encourager les entreprises nationales à consacrer plus de ressources à la R&D. Cette politique a évolué au cours du temps pour devenir l'un des régimes d'incitation en matière de R&D les plus généreux au monde : en 2012, un quart de la R&D industrielle exécutée en Inde était subventionné (Mani, 2014). Il s'agit maintenant de savoir si ces subventions ont stimulé les investissements en R&D du secteur des entreprises commerciales.

Il ne fait aucun doute que les sociétés publiques et privées jouent aujourd'hui un rôle plus actif : en 2011, elles assuraient près de 36 % de la R&D contre 29 % en 2005. En 2013, les sociétés privées détenaient environ 80 % des brevets nationaux et internationaux décernés à des inventeurs indiens cette année-là (exception faite des particuliers). En conséquence, les conseils de recherche jouent un rôle moindre dans la R&D industrielle.

L'innovation dominée par neuf secteurs industriels

Trois secteurs industriels (pharmaceutique, automobile et informatique) représentent à eux seuls plus de la moitié des dépenses de R&D des entreprises (figure 22.3) [DST, 2013].

8. Il sera possible d'atteindre [un ratio DIRD/PIB de 2,0 %] au cours des cinq prochaines années si le secteur privé augmente ses investissements en R&D au moins au même niveau que le secteur public (le ratio actuel est d'environ 1 pour 3). Cet objectif semble raisonnable puisque les investissements en R&D industrielle ont bondi de 250 % et les ventes de 200 % entre 2005 et 2010... Tout en maintenant le niveau actuel de progression des investissements publics en R&D, un environnement propice sera mis en place pour stimuler les investissements privés en R&D (DST, 2013).

Autrement dit, les subventions n'ont pas permis d'étendre la culture de l'innovation⁹ à un plus grand nombre d'industries manufacturières, mais ont seulement incité des industries à forte intensité de R&D, comme le secteur pharmaceutique, à engager encore plus de ressources dans la R&D. Le gouvernement serait bien avisé de mener une étude sérieuse sur l'efficacité de ces incitations fiscales. Il devrait également envisager d'octroyer des subventions aux entreprises pour les encourager à développer des technologies spécifiques.

Six domaines d'activité concentrent environ 85 % de la R&D. L'industrie pharmaceutique arrive encore en tête, suivie de l'automobile et l'informatique (en particulier les logiciels informatiques). Il est intéressant de relever le rôle déterminant joué par les logiciels informatiques dans les performances de la R&D. Les principales sociétés ont volontairement recours à la R&D pour continuer de progresser sur le plan technologique, rester compétitives et créer de nouveaux brevets. Au sein de ces six industries, la R&D est le fait d'une poignée de grandes sociétés. D'après les données disponibles, cinq entreprises assurent plus de 80 % de la R&D dans l'industrie pharmaceutique : Dr Reddy's, Lupin, Ranbaxy, Cadila et Matrix. Dans le secteur de l'automobile, les deux principales sociétés sont Tata Motors et Mahindra. Les trois leaders de l'informatique sont Infosys, Tata Consultancy Services et Wipro.

9. Les consultations évoquées dans le Rapport de l'UNESCO sur la science 2010 (p. 366) n'ont été suivies d'aucune loi nationale sur l'innovation, le projet de loi n'ayant jamais été soumis au parlement.

Figure 22.2 : Tendances en matière de R&D des entreprises indiennes publiques et privées, 2005-2011 (%)



Source : Institut de statistique de l'UNESCO ; DST (2013).

Le gouvernement devrait soutenir l'émergence de start-up à vocation technologique afin d'étendre la culture de l'innovation en Inde. Les progrès technologiques ont permis de lever les obstacles traditionnels à l'accès des PME à la technologie. Elles ont désormais besoin d'accéder au capital-risque. Pour favoriser l'essor du capital-risque, le budget de l'État pour 2014-2015 prévoit l'établissement d'un fonds de 100 milliards de roupies (environ 1,3 milliard de dollars É.-U.) afin d'attirer des investissements susceptibles d'être réinjectés dans les start-up sous forme de prêts concessionnels et d'apports de fonds propres et de quasi-fonds propres, etc.

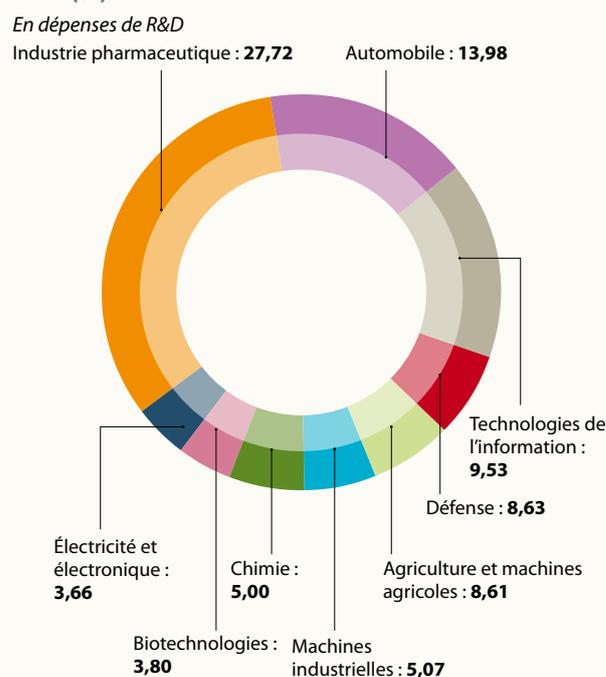
L'innovation se concentre dans seulement six États

Comme nous l'avons déjà signalé, l'innovation est le fait de seulement neuf industries. Le secteur manufacturier et l'innovation affichent également une concentration d'ordre géographique. À eux seuls, 6 États sur 29 représentent la moitié de la R&D, quatre cinquièmes des brevets et trois quarts des IDE. De plus, même au sein de chaque État, seules une ou deux villes sont des pôles de recherche (tableau 22.2) en dépit de la politique de développement régional résolue mise en place au cours des décennies précédant l'adoption de la politique de libéralisation économique (1991).

Les entreprises pharmaceutiques sont indiennes, les sociétés informatiques étrangères

L'analyse du nombre et du type de brevets délivrés aux sociétés indiennes par l'USPTO (Office des brevets et des marques des États-Unis) révèle des données intéressantes : le nombre total de brevets concédés à des inventeurs indiens et la part des brevets

Figure 22.3 : Principaux acteurs de l'industrie indienne, 2010 (%)



Remarque : Les pourcentages étant arrondis, leur somme peut ne pas être égale à 100.
Source : DST (2013).

Tableau 22.2 : Répartition des activités manufacturières et innovantes en Inde, 2010

État	Villes principales	Dépenses de R&D (% du total)	Brevets délivrés (% du total)	Activités manufacturières à valeur ajoutée (% du total)	IDE (% du total)
Maharashtra	Mumbai, Pune	11	31	20	39
Goudjerat	Ahmedabad, Vadodara, Surat	12	5	13	2
Tamil Nadu	Chennai, Coimbatore, Madurai	7	13	10	13
Andhra Pradesh*	Hyderabad, Vijayawada, Visakhapatnam	7	9	8	5
Karnataka	Bangalore, Mysore	9	11	6	5
Delhi	Delhi	–	11	1	14
Total		46	80	58	78

Remarque : Depuis le 2 juin 2014, l'Andhra Pradesh est divisé en deux États, le Telangana et l'Andhra Pradesh. Hyderabad, entièrement située dans le Telangana, sera la capitale des deux États pendant dix ans.

Source : Organisation centrale de statistique de l'Inde ; DST (2013) ; Département de la politique et de la promotion industrielles.

liés à la haute technologie sont en nette hausse ; par ailleurs, la baisse du nombre de brevets dans le secteur pharmaceutique et l'essor des brevets informatiques illustrent clairement l'évolution actuelle de la spécialisation technologique (figure 22.4).

À cet égard, il importe de s'attarder sur la nationalité des sociétés détentrices de ces brevets. Pratiquement tous les brevets de l'USPTO déposés par des inventeurs indiens sont détenus par des entreprises pharmaceutiques indiennes. Comme l'indique le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*, ces dernières ont étoffé leur portefeuille de brevets, même après la transposition dans le droit indien en 2005 de l'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC). Les entreprises pharmaceutiques indiennes affichent d'ailleurs des résultats excellents pour tous les indicateurs d'activité¹⁰ liés à l'innovation (Mani et Nelson, 2013). Il n'en va pas de même pour les brevets informatiques ou relatifs aux logiciels informatiques ; comme l'illustre la figure 22.4, presque tous ces brevets sont détenus par des multinationales qui ont installé des centres de R&D en Inde, afin de profiter de la main-d'œuvre compétente et bon marché dans le domaine du génie logiciel et de ses applications. La part croissante des brevets liés aux logiciels montre une nette augmentation des brevets indiens appartenant à des sociétés étrangères. Cette situation est symptomatique de la tendance à la mondialisation de l'innovation dans laquelle l'Inde, ainsi que la Chine, jouent un rôle déterminant. Nous analyserons cette évolution significative plus en détail ci-après.

10. À savoir, les indicateurs relatifs aux exportations, à la balance commerciale nette, aux dépenses afférentes à la R&D, aux brevets délivrés dans et en dehors de l'Inde ou au nombre de procédures allégées de demande d'enregistrement des nouveaux médicaments (ANDA) auprès du Secrétariat aux produits alimentaires et pharmaceutiques des États-Unis (FDA), qui indiquent que les pays possèdent les capacités technologiques requises pour la fabrication de médicaments génériques.

L'essor d'un capital national de connaissances n'a pas réduit la dépendance du pays vis-à-vis de l'étranger. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer le commerce des produits technologiques en Inde, notamment la balance des paiements technologiques, c'est-à-dire l'écart de valeur entre les exportations et les importations de produits et services technologiques (figure 22.5).

L'Inde surfe sur la vague de la mondialisation pour développer l'innovation

Grâce à l'augmentation des IDE dans le secteur manufacturier et la R&D ces cinq dernières années, les multinationales étrangères jouent un rôle accru dans les domaines de l'innovation et du brevetage en Inde. En 2013, les sociétés étrangères représentaient 81,7 % des brevets nationaux délivrés par l'USPTO contre seulement 22,7 % en 1995 (Mani, 2014).

La principale difficulté politique sera de réinjecter les retombées positives de leurs activités dans l'économie locale, ce que ni la *Politique des sciences, de la technologie et de l'innovation* (2013) ni les politiques actuelles en matière d'IDE ne prennent explicitement en considération.

Parallèlement, les sociétés indiennes ont renforcé leur capital de connaissances en lançant plusieurs vagues de fusions et d'acquisitions de sociétés étrangères. La première a été l'acquisition par Tata du Corus Group plc (aujourd'hui Tata Steel Europe Ltd) en 2007, qui lui a permis d'accéder à la technologie de l'acier de construction automobile ; est venue ensuite, en décembre 2009, l'acquisition par Suzlon Energy Ltd du fabricant allemand d'éoliennes Senvion (anciennement REpower Systems). Citons, parmi d'autres exemples datant de 2014 :

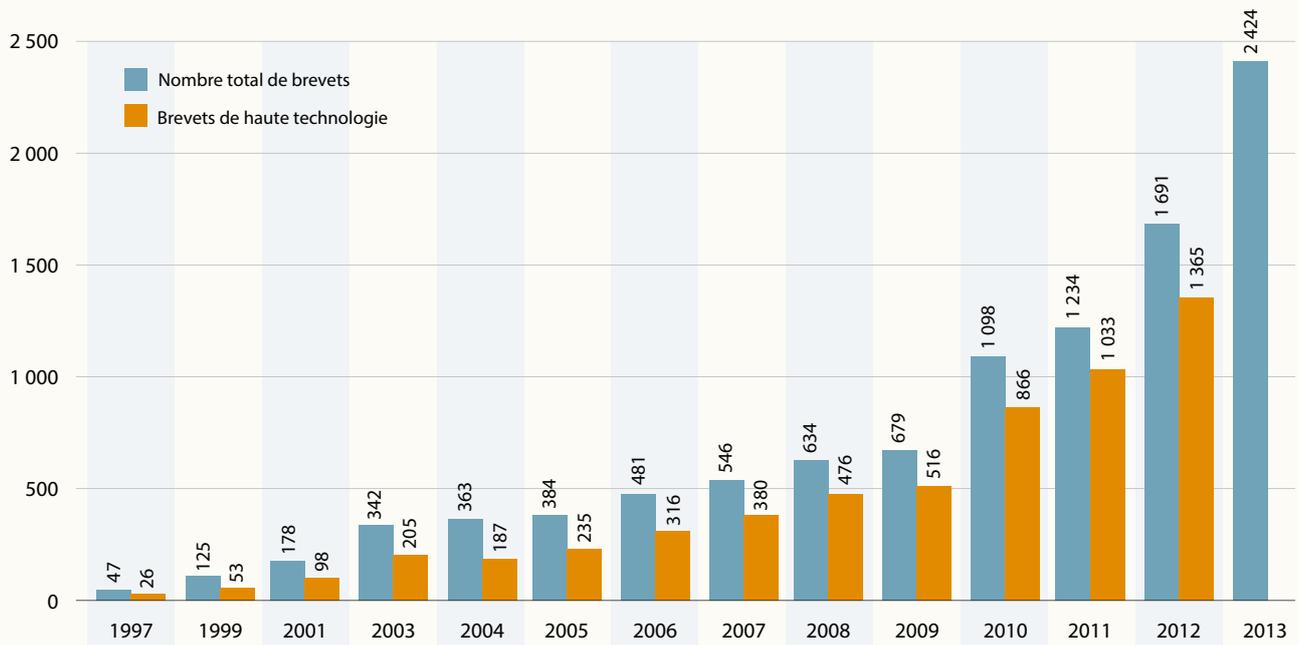
- L'ouverture d'une usine de production d'anticorps monoclonaux par la société pharmaceutique Glenmark à La Chaux-de-Fonds (Suisse) en juin, qui vient renforcer ses capacités internes en matière d'innovation et de développement et produit du matériel destiné au développement clinique des médicaments ;
- Le cinquième accord d'acquisition d'une société étrangère en un an par Cipla, qui a racheté 51 % des parts d'un fabricant et distributeur pharmaceutique au Yémen pour 21 millions de dollars des États-Unis ;
- L'acquisition par Motherson Sumi Systems Ltd de la société de câblage Stoneridge Inc. (Ohio, États-Unis) pour un montant de 65,7 millions de dollars des États-Unis ;
- L'offre ferme de rachat de 51 % de Peugeot scooters, le plus ancien fabricant de deux-roues motorisés au monde et filiale du groupe automobile Peugeot S.A., lancée par la branche deux-roues du groupe Mahindra (octobre 2014) pour 28 millions d'euros (environ 2,17 milliards de roupies).

Cette tendance est particulièrement prononcée dans les industries manufacturières comme l'acier, les produits pharmaceutiques, l'automobile, l'aérospatiale et l'éolien. Elle est également très forte dans les services, comme la conception logicielle et le conseil en gestion. De fait, ces fusions et acquisitions permettent aux nouvelles sociétés de disposer « du jour au lendemain » d'un capital de connaissances. La politique libérale du gouvernement

Figure 22.4 : Tendances en matière de brevets indiens, 1997-2013

La plupart des brevets délivrés aux inventeurs indiens relèvent de la haute technologie

Brevets d'utilité délivrés par l'USPTO



Source : USPTO ; NSB (2014).

En Inde, la plupart des sociétés informatiques sont étrangères

	Brevets d'innovations informatiques (nombre)			Part (%)	
	Sociétés indiennes	Multi-nationales	Total	Sociétés indiennes	Multi-nationales
2008	17	97	114	14,91	85,09
2009	21	129	150	14,00	86,00
2010	51	245	296	17,23	82,77
2011	38	352	390	9,74	90,26
2012	54	461	515	10,49	89,51
2013	100	1 268	1 368	7,30	92,71

Source : Compilation de données de l'USPTO, 2014.

Le nombre de brevets dans les biotechnologies a doublé en dix ans

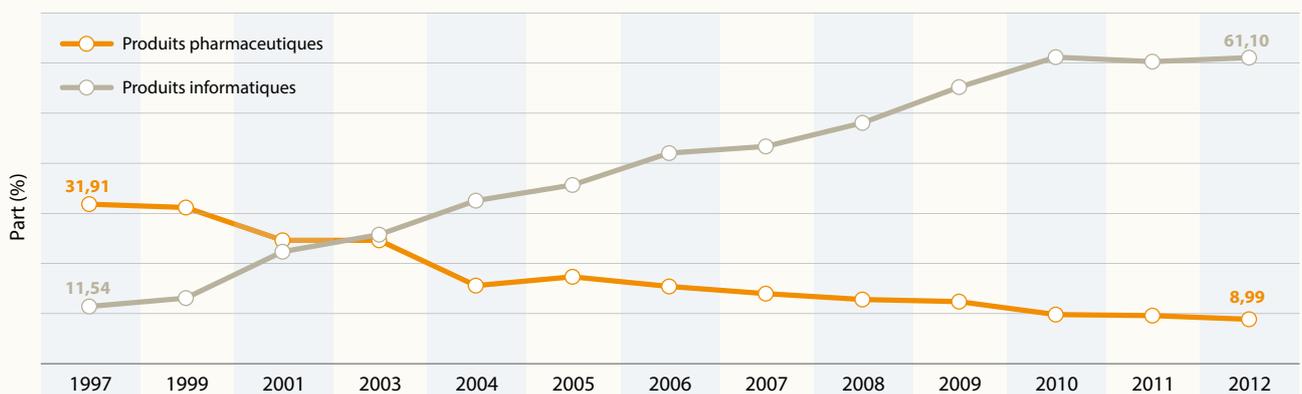
Brevets d'utilité délivrés par l'USPTO, 1997-2012



Source : D'après les données fournies en annexe, tableaux 6 à 48, NSB (2014).

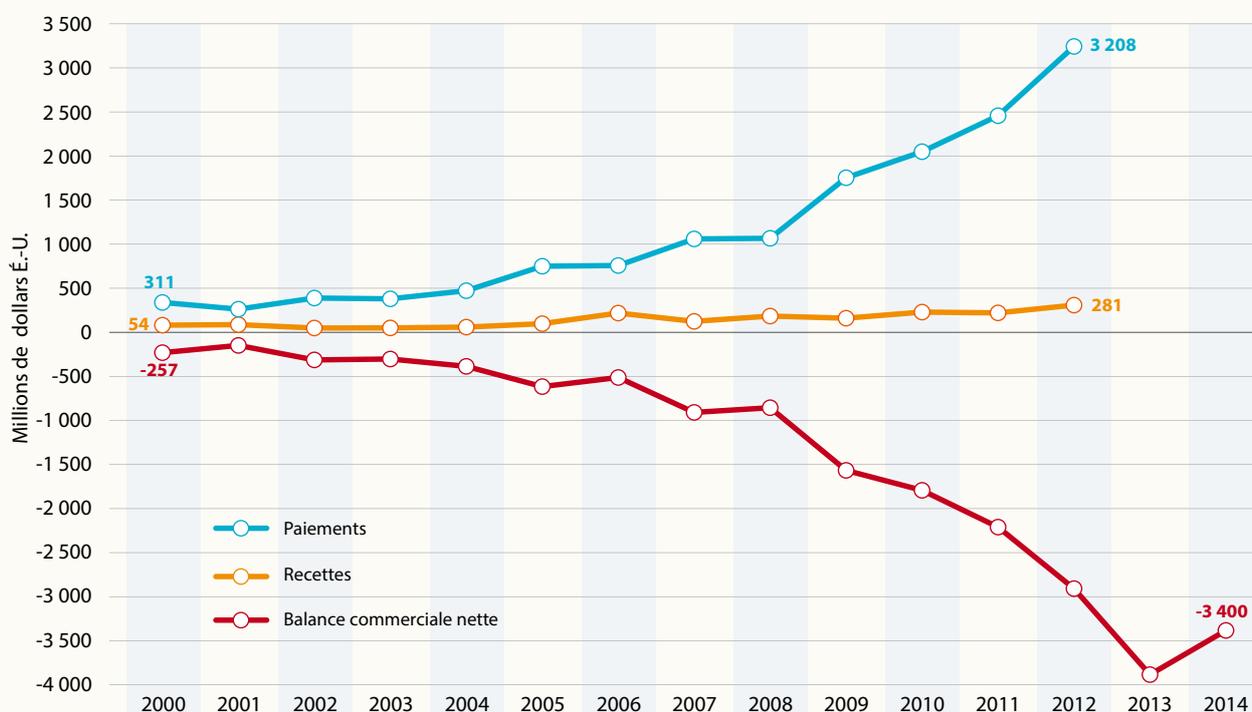
Six brevets sur 10 concernent désormais l'informatique, 1 sur 10 la pharmaceutique

Brevets d'utilité délivrés par l'USPTO (%)



Source : Compilation de données de l'USPTO, 2014.

Figure 22.5 : Recettes, paiements et balance commerciale nette relatifs à l'utilisation des DPI*, 2000-2014



* Droits de propriété intellectuelle.

Source : Compilation de données diverses de la Reserve Bank of India.

en matière d'IDE dans la R&D, la levée des restrictions pesant sur les flux sortants d'IDE et les incitations fiscales à la R&D, encouragent les sociétés à saisir cette occasion. La mondialisation croissante de l'innovation en Inde représente une occasion exceptionnelle pour le pays, qui devient un centre d'activités de R&D incontournable pour les multinationales étrangères (figure 22.6). L'Inde est d'ailleurs aujourd'hui un exportateur majeur de R&D et de services d'essai vers l'un des plus grands marchés mondiaux en la matière, les États-Unis (tableau 22.3).

L'Inde est devenue un pôle de l'innovation frugale

L'Inde est aussi devenue un pôle de ce qu'il est donné d'appeler l'innovation frugale. Les produits et les procédés ont plus ou moins les mêmes caractéristiques et capacités que tout autre produit original, mais leur coût de production est sensiblement inférieur. Ils sont surtout répandus dans le secteur de la santé, en particulier en ce qui concerne les dispositifs médicaux. L'ingénierie ou l'innovation frugale crée des produits à forte valeur ajoutée à un coût extrêmement bas et à très grande échelle. Citons comme exemples les véhicules de tourisme et les appareils de tomographie. Des sociétés de tout type et de toute dimension ont recours à des méthodes frugales : les start-up, les sociétés indiennes bien établies et même les multinationales. Parmi ces dernières, certaines sont allées jusqu'à créer des centres de R&D étrangers en Inde afin d'intégrer l'innovation frugale à leur modèle commercial. L'Inde est non seulement créatrice de modèles de frugalité, mais elle les codifie et les exporte vers les pays occidentaux.

En dépit de son immense popularité, l'innovation frugale n'est pas promue explicitement par les politiques publiques en

matière d'innovation ; cette omission devrait être corrigée et le phénomène de l'innovation frugale davantage étudié. Radjou *et al.* (2012) sont cependant parvenus à identifier un ensemble de produits et de services relevant de l'innovation frugale. L'encadré 22.1 et le tableau 22.4 fournissent plus d'informations à cet égard.

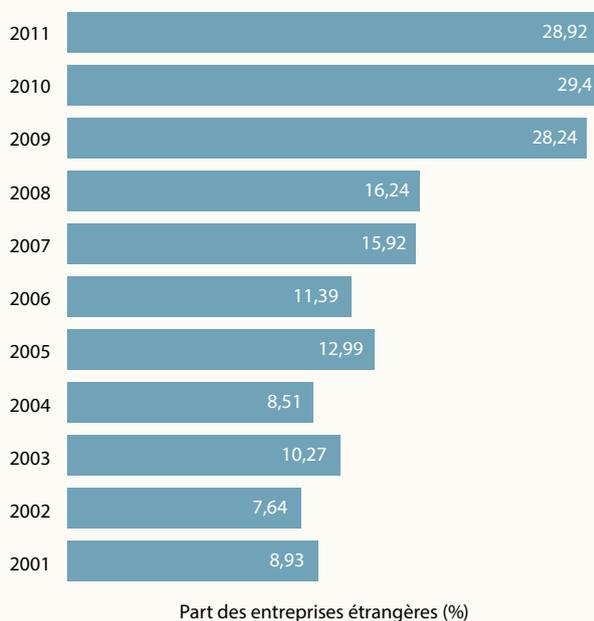
Tableau 22.3 : Exportations de R&D et de services d'essai de l'Inde et de la Chine vers les États-Unis, 2006-2011

	Exportations (en millions de dollars É.-U.)			Part des exportations nationales (%)	
	De l'Inde vers les États-Unis	De la Chine vers les États-Unis	Total des exportations de l'Inde et de la Chine vers les États-Unis	Inde	Chine
2006	427	92	9 276	4,60	0,99
2007	923	473	13 032	7,08	3,63
2008	1 494	585	16 322	9,15	3,58
2009	1 356	765	16 641	8,15	4,60
2010	1 625	955	18 927	8,59	5,05
2011	2 109	1 287	22 360	9,43	5,76

Remarque : Ce tableau ne présente que les exportations de services de R&D par les filiales de multinationales américaines en Inde et en Chine vers leur maison mère aux États-Unis.

Source : NSB (2014).

Figure 22.6 : Part des entreprises étrangères dans la R&D réalisée en Inde (%), 2001-2011



Source : Mani (2014).

Les sept caractéristiques de l'innovation frugale sont les suivantes :

- La plupart des produits et des services sont le fait de grandes sociétés structurées - et parfois de multinationales - issues des secteurs manufacturier et des services ;
- Les produits manufacturés requièrent généralement un volume assez important d'activités formelles de R&D ;
- Leur taux de diffusion a sensiblement varié, mais les données pertinentes sont rarement disponibles ; certains exemples d'innovation frugale parmi les plus applaudis, comme la

micro-voiture de Tata, la Nano, ne semblent pas avoir séduit le marché ;

- Si l'ingénierie frugale supprime des fonctionnalités clés, elle est vouée à l'échec ; cela explique peut-être le fiasco de la première Nano ; le dernier modèle, la Nano Twist, possède plusieurs fonctionnalités propres aux voitures plus chères, comme le système électrique de direction assistée ;
- Les services frugaux ne s'appuient généralement pas sur la R&D, du moins pas la R&D sophistiquée, ni sur de nouveaux investissements ou technologies ; leur innovation peut tout simplement relever du mode d'organisation de la chaîne d'approvisionnement ;
- Les services ou les procédés relèvent parfois d'un environnement spécifique et, en tant que tels, ne peuvent être reproduits ailleurs ; ainsi, les *Dabbawalas* (porteurs de gamelles) de Mumbai ne se sont jamais exportés vers d'autres villes indiennes, bien qu'ils soient considérés comme un modèle efficace de gestion de la chaîne d'approvisionnement ;
- La plupart des produits transférés de l'Inde aux pays occidentaux ont trait à des dispositifs médicaux.

TENDANCES EN MATIÈRE DE RECHERCHE PUBLIQUE

Le gouvernement est le premier employeur de personnel scientifique

46 chercheurs sur 100 travaillent pour le gouvernement, 39 pour l'industrie, 11 pour le secteur universitaire et 4 pour le secteur privé à but non lucratif. Le gouvernement fait ainsi figure de principal employeur de personnel scientifique. La majorité des dépenses au titre du budget de R&D sont réalisées par le secteur public (60 %), contre 35 % pour l'industrie et seulement 4 % pour les universités.

Encadré 22.1 : L'innovation frugale en Inde

En Inde, faire de son mieux avec moins est depuis longtemps une réalité assumée et inévitable dans les secteurs des services et de la fabrication de biens. Fidèles au proverbe « Nécessité est mère d'invention », les Indiens ont toujours eu recours à l'improvisation, mieux connue sous le nom hindi de *jugaad*, pour trouver des solutions efficaces aux problèmes.

Si le taux de pauvreté a diminué en Inde, un habitant sur cinq vit encore sous le seuil de pauvreté (tableau 22.1). Le pays continue d'abriter le plus grand nombre de personnes démunies au monde : plus de 270 millions en 2012.

Les biens et les services de qualité doivent donc être abordables pour être utilisés par la masse des consommateurs qui se trouvent au bas de la pyramide. Ce phénomène a donné lieu à ce qu'il est de plus en plus courant d'appeler l'innovation frugale ou l'ingénierie frugale.

Bien que répandue dans un large éventail d'industries manufacturières et de services, l'ingénierie frugale est surtout appliquée aux dispositifs médicaux. L'Inde et l'Université de Stanford ont mis en place une initiative de bioconception (Stanford-India Biodesign Project, SIBDP) qui a donné un sérieux coup de pouce à l'innovation frugale. Lancée en 2007, elle a donné lieu à la mise au point de

dispositifs médicaux innovants à bas coût (Brinton *et al.*, 2013), deux caractéristiques propres à l'innovation frugale. En huit ans d'existence, le SIBDP a facilité la création de quatre start-up indiennes qui ont inventé des dispositifs médicaux particulièrement utiles. Citons, entre autres, un dispositif intégré de réanimation néonatale, une méthode sûre et non invasive de dépistage de déficiences auditives chez les nourrissons, un dispositif économique d'immobilisation des membres en cas d'accident de la route et une solution de substitution aux intraveineuses difficiles en cas d'urgence médicale.

Source : Données compilées par l'auteur.

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

Tableau 22.4 : Exemples d'innovation frugale en Inde

INNOVATION	SOCIÉTÉ CONCEPTRICE	DIFFUSION
BIENS		
<p>MICRO-VOITURE DE TOURISME, LA NANO DE TATA Quasi-monopole dans ce créneau. Le prix de la première Nano était d'environ 2 000 dollars É.-U.</p>	Tata	Taux d'acceptation très faible, reflété par la chute des ventes. La voiture est arrivée sur le marché en 2009. Les ventes ont atteint leur point culminant en 2011-2012 (74 521 exemplaires vendus), avant de descendre l'année suivante jusqu'à 53 847 puis jusqu'à seulement 21 130 en 2013-2014.
<p>ANTENNE-RELAIS SOLAIRE DE TÉLÉPHONIE MOBILE Ce système permet aux habitants des zones rurales d'utiliser la téléphonie mobile. WorldGSM™ est le premier système mondial de communications mobiles indépendant du réseau électrique à être commercialisé avec succès. Il fonctionne exclusivement à l'énergie solaire et ne nécessite aucun groupe électrogène diesel. Son système de livraison et de déploiement est simple et peut être pris en charge par des travailleurs locaux sans formation.</p>	VNL Limited	Aucune donnée relative à son déploiement n'est disponible.
<p>ÉLECTROCARDIOGRAPHE PORTABLE (ECG) Le prix du GE MAC 400 est d'environ 1 500 dollars É.-U. et son poids approximatif de 1,3 kg contre 10 000 dollars et 6,8 kg pour un modèle courant.</p>	General Electric Healthcare	Aucune donnée relative à sa diffusion n'est disponible. Le produit a cependant été très bien reçu par le marché et General Electric a exporté cette technologie vers la maison mère aux États-Unis.
<p>RÉFRIGÉRATEUR PORTABLE D'une capacité de 35 litres, il fonctionne avec des batteries et coûte environ 70 dollars É.-U. Il permet de conserver des fruits, des légumes et du lait dans les petites localités rurales. Son nom commercial est <i>Chotukool</i>.</p>	Godrej , une société indienne	Godrej a noué un partenariat avec la poste indienne pour diffuser le produit. Des données non confirmées font état de 100 000 exemplaires vendus pendant les deux premières années de production.
<p>DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE DE BILLETS À TRÈS FAIBLE CONSOMMATION D'ÉNERGIE Fonctionnant à l'énergie solaire, son nom commercial est Gramateller.</p>	La société indienne Vortex et l'Institut indien de technologie de Madras	Des banques de premier ordre, dont la State Bank of India, HDFC et Axis Bank, mettent les distributeurs conçus et fabriqués par Vortex au service de leurs clients en zone rurale.
<p>NOUVEAUX FOUR ET COMBUSTIBLE DE CUISSON Oorja comprend un dispositif (fourneau) de micro-gazéification et un combustible à base de biomasse.</p>	La société indienne First Energy	D'après le site Internet de la société, elle compte environ 5 000 clients.
SERVICES		
<p>CHIRURGIE OPHTALMIQUE À BAS COÛT ET À GRANDE ÉCHELLE</p>	Arvind Eye Care System	En 2012-2013, l'hôpital a effectué 371 893 interventions chirurgicales.
<p>MATERNITÉS ABORDABLES Ces établissements proposent des soins de santé maternelle de qualité à des prix de 30 à 40 % inférieurs à ceux du marché.</p>	Life Spring	Life Spring gère actuellement 12 hôpitaux à Hyderabad et prévoit d'étendre son réseau à d'autres villes.
<p>SERVICES FINANCIERS À BAS PRIX En plus de proposer ses services par l'intermédiaire des commerçants, la société Eko s'appuie sur la connectivité en matière de télécommunications et l'infrastructure bancaire pour étendre ses services bancaires sans agence au citoyen lambda. Elle a aussi noué des partenariats avec des institutions pour proposer des services de paiement, d'encaissement et de décaissement de fonds. Grâce aux guichets d'Eko (points de vente chez les commerçants), les clients peuvent ouvrir des comptes d'épargne, déposer ou retirer des espèces de leur compte, envoyer des fonds dans tout le pays, recevoir des fonds de l'étranger, créditer leur forfait mobile ou payer de nombreux services. Un portable à bas coût permet de réaliser les transactions entre les détaillants et les clients.</p>	Eko	Le nombre exact de guichets opérationnels n'est pas disponible

Source : Données compilées par l'auteur.

La R&D publique est prise en charge par un réseau de 12 ministères et organismes scientifiques, qui ont assumé environ la moitié des DIRD depuis 1991, mais dont la production n'a pratiquement aucun lien avec les entreprises commerciales publiques ou privées. La recherche fondamentale représente un quart de la recherche publique (23,9 % en 2010).

À elle seule, l'Organisation pour la recherche et développement en matière de défense (ORDD)¹¹ représentait environ 17 % des DIRD et un peu moins de 32 % des dépenses publiques en 2010, deux fois plus que le deuxième organisme le plus important, le Département de l'énergie atomique (DEA), dont la part est cependant passée de 11 % à 14 % entre 2006¹² et 2010, au détriment de l'ORDD et du Département de l'espace. Le gouvernement a légèrement augmenté les subventions octroyées au Conseil de la recherche scientifique et industrielle (CSIR) [9,3 % en 2006] au détriment du Conseil indien de la recherche agricole (11,4 % en 2006). Le Ministère des énergies nouvelles et renouvelables continue de recevoir la plus petite part du gâteau (figure 22.7).

L'adaptation des technologies de la défense à un usage civil constitue une première

La quasi-totalité de la production de la R&D en matière de défense est absorbée par le secteur militaire pour la mise au point d'armes, comme les missiles. Les résultats de ces recherches ne sont que rarement appliqués dans l'industrie civile, à l'inverse des États-Unis où de tels transferts sont légion. L'industrie aéronautique indienne illustre le gaspillage des capacités technologiques qui, bien que très répandues dans le domaine de l'aviation militaire, n'ont fait l'objet d'aucun transfert vers le secteur civil.

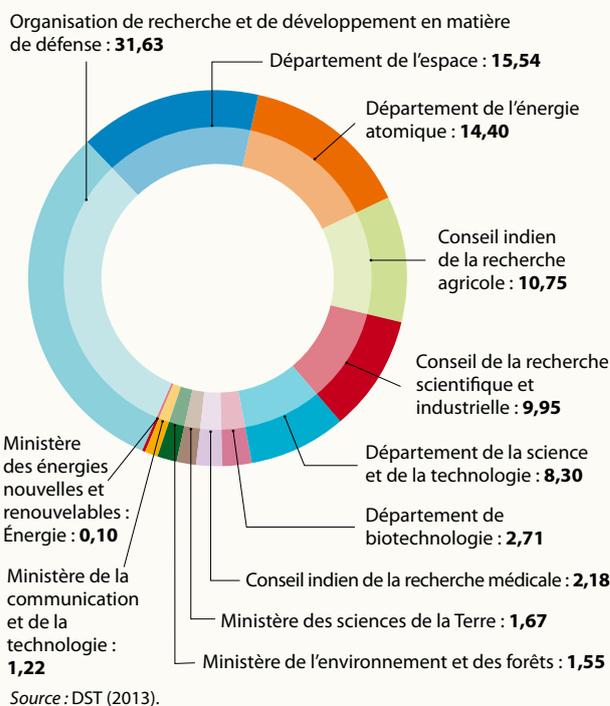
Le lancement en 2013 d'une initiative conjointe pour l'évaluation et la commercialisation accélérées de la technologie¹³ entre l'ORDD et la Fédération des chambres de commerce et d'industrie indiennes (FICCI) marque à cet égard un tournant. L'objectif est de créer une filière commerciale permettant d'écouler les technologies de l'ORDD sur les marchés commerciaux nationaux et internationaux pour un usage civil. Ce programme est le premier en son genre pour l'ORDD. Vingt-six laboratoires de l'ORDD participaient au programme en 2014 ; pour sa part, la FICCI évaluait plus de 200 technologies de secteurs aussi divers que l'électronique, la robotique, la simulation et l'informatique de pointe, l'avionique, l'optronique, l'ingénierie de précision, les matériaux spéciaux, les systèmes d'ingénierie, l'instrumentation, les technologies acoustiques, les sciences de la vie, les technologies de gestion des catastrophes et les systèmes d'information.

11. L'Inde, troisième puissance militaire mondiale, se classe au 10^e rang des dépenses en matière de défense ; d'après la Banque mondiale, le budget indien de la défense représentait 2,4 % du PIB en 2013, en légère baisse par rapport à 2009 (2,9 %).

12. Pour des données complètes relatives à l'année 2006, voir le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010* (p. 371).

13. Il s'agit de l'un des quatre programmes réalisés par le Centre pour la commercialisation technologique, créé par la FICCI en 2006. Pour plus de détails, voir <https://thecenterforinnovation.org/techcomm-goes-global>

Figure 22.7 : Dépenses publiques destinées aux principaux organismes scientifiques de l'Inde, 2010 (%)



Une nouvelle académie de la recherche scientifique et de l'innovation

Le CSIR possède un réseau de 37 laboratoires nationaux qui conduisent une recherche de pointe dans un large éventail de domaines, dont la radiophysique, la physique de l'atmosphère, l'océanographie, la pharmacie, la génomique, les biotechnologies, les nanotechnologies, le génie de l'environnement et l'informatique. Les 4 200 scientifiques du CSIR (3,5 % du total national) se surpassent : ils publient 9,4 % des articles indiens classés dans le Science Citation Index. Par ailleurs, le taux de commercialisation de brevets émanant des laboratoires du CSIR est supérieur à 9 %, alors que la moyenne mondiale est de 3 à 4 %¹⁴. Pourtant, d'après le Contrôleur et Vérificateur général, les chercheurs du CSIR n'entretiennent que peu de relations avec l'industrie.

Afin d'améliorer son profil, le CSIR a mis en place trois grandes stratégies depuis 2010. La première consiste à regrouper les compétences de différents laboratoires pour créer des réseaux qui se voient confier l'exécution de projets spécifiques. La deuxième tient à l'établissement de centres d'innovation afin de favoriser les interactions, en particulier avec les microentreprises et les PME. Jusqu'à présent, trois centres d'innovation ont vu le jour à Chennai, à Calcutta et à Mumbai. La troisième consiste à proposer des diplômes universitaires de deuxième et de troisième cycles dans des domaines hautement spécialisés qui ne sont généralement pas disponibles dans les universités traditionnelles ; cette initiative a entraîné la création de l'Académie de la recherche scientifique et de l'innovation (2010),

14. Ces chiffres sont basés sur la réponse à la question n° 998 posée le 17 juillet 2014 dans la chambre haute du Parlement indien, la *Rajya Sabha*.

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

qui a récemment remis ses premiers diplômes de master et de doctorat en science et en ingénierie.

Les conseils scientifiques indiens peuvent avoir recours aux services de la Société nationale pour la recherche et le développement (NRDC) qui fait office d'intermédiaire entre les organisations et les industries scientifiques souhaitant transférer les fruits de la R&D locale vers l'industrie. La NRDC possède plusieurs centres de facilitation technologique et de propriété intellectuelle et, dans les campus des principales villes du pays, des centres universitaires de facilitation de l'innovation. La NRDC a transféré approximativement 2 500 technologies et environ 4 800 contrats de licence depuis sa création en 1953. Le nombre de ses technologies sous licence est passé de 172 pendant la mise en œuvre du *Onzième plan quinquennal* (2002-2007) à 283 en 2012. Contrairement à ce que pourraient laisser penser ces exemples, la NRDC n'est généralement pas louée pour sa commercialisation des technologies mises au point par le système du CSIR.

Le financement n'est pas responsable de la baisse du rendement des cultures vivrières

Depuis le début du siècle, on assiste à la chute des rendements du blé et à la stagnation de ceux du riz (figure 22.8). Cette tendance préoccupante ne semble pas être liée à une diminution du financement. Au contraire, les fonds agricoles ont augmenté à tous les niveaux : en termes nominaux comme en termes réels, par habitant et globalement, et en comparaison du financement public de la recherche industrielle. La part de la recherche agricole dans le PIB agricole s'est elle aussi élevée au fil du temps. Par conséquent, le financement ne semble pas être en cause¹⁵. Cette baisse des rendements peut également s'expliquer par le recul du nombre d'agronomes indiens, et la diminution du taux d'inscription dans les filières universitaires agronomiques. Cette situation a incité le gouvernement à proposer deux grandes mesures relatives à la formation des ingénieurs et des chercheurs agronomes, dans le cadre du budget national pour 2014-2015 :

- La création de deux nouveaux centres d'excellence, s'inspirant du modèle de l'Institut indien de la recherche agronomique ; situés l'un à Assam et l'autre dans l'État du Jharkhand, ils disposent d'un budget initial de 1 milliard de roupies (environ 16 millions de dollars É.-U.) pour 2014-2015 ; la mobilisation actuelle de 1 milliard de roupies supplémentaires permettra d'établir un Fonds pour les infrastructures technologiques agricoles ;
- La création de deux nouvelles facultés d'agronomie dans les États d'Andhra Pradesh et du Rajasthan et de deux écoles d'horticulture dans les États de Telangana et de l'Haryana ; cette initiative bénéficie d'un montant initial de 2 milliards de roupies.

Augmentation des investissements privés dans la R&D agricole

Un autre aspect intéressant est la part croissante de la R&D privée dans l'agriculture, en particulier dans le domaine des semences, des machines agricoles et des pesticides. À l'inverse de la R&D publique, la R&D privée risque d'élever le coût de la diffusion des

produits, susceptibles d'être protégés par différents mécanismes de droits de propriété intellectuelle, auprès des agriculteurs.

La distribution d'organismes génétiquement modifiés (OGM) pour les cultures vivrières a été limitée pour des raisons de santé et de sécurité par le Comité d'évaluation du génie génétique du Ministère de l'environnement et des forêts. Le coton *Bt*, autorisé en 2002, est la seule culture OGM approuvée en Inde ; la superficie cultivée a augmenté, arrivant à saturation en 2013 (figure 22.8). L'Inde est devenue le premier exportateur mondial et le deuxième producteur de coton ; mais cette culture est gourmande en eau, un bien rare en Inde. De plus, en dépit de l'augmentation du rendement moyen du coton, on observe de fortes fluctuations d'une année sur l'autre. Il est possible que l'utilisation d'engrais et l'introduction de semences hybrides aient contribué à l'augmentation des rendements depuis 2002. Plus récemment, le Conseil indien de la recherche agricole a mis au point une variété de coton *Bt* moins chère que celle de Monsanto, à partir de semences réutilisables.

En 2012, la proposition visant à étendre les OGM à des cultures vivrières telles que les *brinjals* (aubergines) s'est heurtée à la vive résistance des ONG et à la réticence du Comité parlementaire sur l'agriculture. La recherche indienne sur les OGM s'est concentrée sur plusieurs cultures vivrières, en particulier les légumes : pomme de terre, tomate, papaye, pastèque, ricin, sorgho, canne à sucre, arachide, moutarde, riz, etc. Début 2015, aucune culture vivrière génétiquement modifiée n'avait encore reçu l'autorisation des organismes de réglementation.

Une méthode agricole durable face aux technologies modernes

Certaines zones isolées du pays utilisent des méthodes agricoles durables. Le principal producteur de riz paddy se trouve d'ailleurs dans l'État du Bihar, au nord-est de l'Inde. S'il a pulvérisé le record mondial de production, ce n'est pas à l'aide de technologies scientifiques modernes mais en adoptant le système de riziculture intensive, une méthode durable lancée par des ONG. En dépit de cet exploit, la diffusion de cette méthode a été très limitée (encadré 22.2).

La stratégie en matière de biotechnologie commence à porter ses fruits

La biotechnologie, huitième des neuf industries de haute technologie indiennes (figure 22.3), reçoit 2,7 % des dépenses publiques octroyées aux 12 organismes de recherche scientifique existants (figure 22.7). Ces 20 dernières années, le soutien politique permanent a permis à l'Inde de mener une R&D plus sophistiquée et de renforcer d'autant ses capacités de production. La stratégie du Département de biotechnologie s'articule autour de trois axes : accroître la quantité et la qualité des ressources humaines en biotechnologie ; établir un réseau de laboratoires et de centres de recherche prenant en charge des projets de R&D spécifiques ; et créer des entreprises et des pôles chargés de fabriquer et de fournir des produits et services biotechnologiques. Outre le gouvernement central, plusieurs États ont mis en place des politiques ciblées visant à développer ce secteur, d'où l'augmentation des publications et des brevets ayant trait à la biotechnologie (figure 22.4).

15. Pal et Byerlee (2006), et Jishnu (2014) confirment ce constat.

Encadré 22.2 : Le principal producteur mondial de riz paddy est indien

Sumant Kumar, un jeune agriculteur analphabète du village de Darveshpura, dans l'État du Bihar, est aujourd'hui le producteur de riz paddy le plus performant au monde. Grâce au système de riziculture intensive (SRI), il a réussi à produire 22 tonnes de riz sur une superficie de seulement un hectare, tandis que la moyenne mondiale est de 4 tonnes/hectare. Le record précédent (19 tonnes) était détenu par un agriculteur chinois.

Le SRI, qui permet de produire plus avec une superficie moindre, est un exemple d'innovation frugale. Cinq caractéristiques clés distinguent le SRI des pratiques conventionnelles :

- L'utilisation d'un seul plant au lieu de touffes ;
- Le repiquage précoce des jeunes plants (moins de 15 jours) ;
- Un plus grand espacement des plants dans les parcelles individuelles ;
- Le désherbage rotatif ;

- L'utilisation plus répandue des bio-engrais.

Le respect de ces cinq critères assure de grands avantages, dont un rendement plus élevé et une consommation inférieure en eau et en semences.

Le SRI convient particulièrement à des pays comme l'Inde où les agriculteurs sont pauvres et l'eau est une ressource extrêmement rare.

Le SRI a été conçu au début des années 1980 par Henri de Laulanié, jésuite et ingénieur agronome français, après avoir observé la méthode de riziculture traditionnelle des hauts plateaux de Madagascar.

D'après une étude de Palanisami *et al.* (2013) portant sur 13 États indiens grands producteurs de riz, les champs ayant adopté le SRI affichent une productivité moyenne plus élevée que les autres.

Quarante-et-un pour cent des agriculteurs adoptant le SRI mettent en pratique une de ses cinq caractéristiques principales, 39 % deux ou trois et seulement 20 % y adhèrent

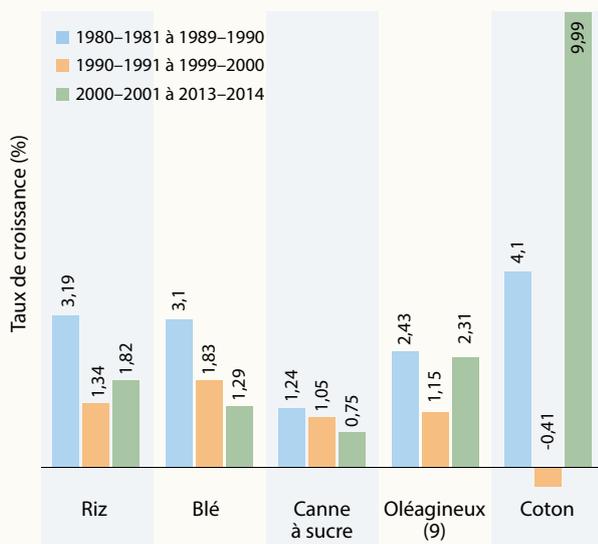
totallement. Si ces derniers affichent l'augmentation la plus importante de leur rendement (3 %), tous les utilisateurs du SRI produisent plus que les agriculteurs aux méthodes conventionnelles. Parmi les autres avantages répertoriés, citons des marges brutes plus élevées et des coûts de production plus bas.

Les auteurs prédisent que la production de riz en Inde peut augmenter de manière considérable grâce au SRI ou à des pratiques semblables, mais soulignent que plusieurs obstacles doivent d'abord être surmontés, comme le manque de main-d'œuvre qualifiée pour planter le riz, la gestion médiocre de l'eau agricole et la présence de terres ne convenant pas à la riziculture. En outre, les agriculteurs considèrent que les coûts de transaction (de gestion), qui sont pourtant insignifiants, continuent d'entraver l'adoption intégrale du SRI. Le gouvernement sera donc amené à intervenir pour lever ces contraintes.

Source : SRI International Network Resource Center (É.-U.) ; Palanisami *et al.* (2013) ; www.agriculturesnetwork.org.

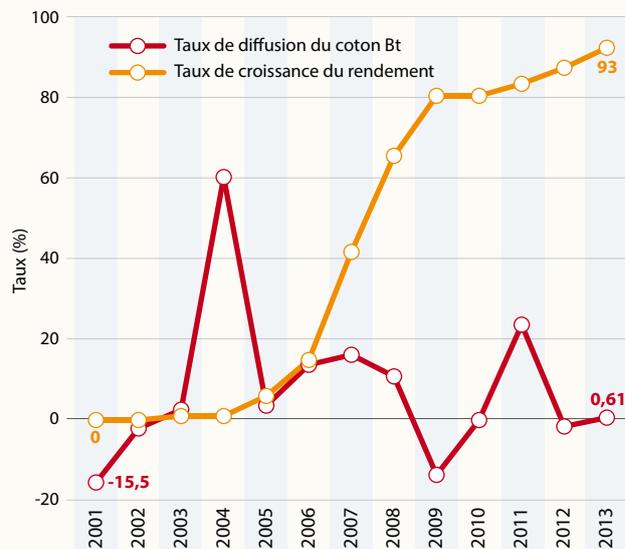
Figure 22.8 : Évolution des rendements agricoles en Inde, 1980-2014

Croissance annuelle moyenne du rendement des principales cultures vivrières en Inde, 1980-2014 (%)



Source : D'après le tableau 8.3, Ministère des finances (2014) *Economic Survey 2013-2014*.

Taux de diffusion du coton Bt et croissance du rendement du coton, 2001-2013



Remarque : Le taux de diffusion du coton Bt suit une courbe en S qui, d'après de nombreux observateurs, ressemble à celle des nouvelles technologies.

Source : VIB (2013).

RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

Ce domaine d'activité comprend cinq sous-secteurs : la biopharmacie (63 % des recettes totales en 2013-2014), les bioservices (19 %), les biotechnologies agricoles (13 %), les biotechnologies industrielles (3 %) et la bioinformatique (1 %). Si l'industrie biotechnologique affichait un taux moyen de croissance annuelle de 22 % entre 2003 et 2014, le taux de croissance n'en reculait pas moins d'une année sur l'autre (figure 22.9)¹⁶. Environ 50 % de la production est exportée.

Le Département de biotechnologie met actuellement en place un pôle de biotechnologie à Faridabad, en banlieue de la capitale. Ce pôle comprend l'Institut technologique de recherche translationnelle sur la santé et le Centre régional des biotechnologies, le premier de ce type en Asie du Sud. Il fournit, sous les auspices de l'UNESCO, des programmes spécialisés de formation et de recherche dans les « nouveaux domaines porteurs », comme l'ingénierie cellulaire et tissulaire, les nanobiotechnologies et la bioinformatique. L'accent est mis sur l'interdisciplinarité ; les futurs physiciens

16. Les taux sont calculés selon les recettes des ventes en roupies indiennes courantes. Cependant, si l'on convertit les taux de croissance en dollars des États-Unis, il apparaît que l'industrie a plus ou moins stagné depuis 2010. Il n'existe toutefois aucune enquête ou donnée officielle sur la taille de l'industrie biotechnologique en Inde.

Figure 22.9 : Croissance de l'industrie biotechnologique en Inde, 2004-2014

D'après les recettes des ventes en prix courants



Source : D'après les données de l'Association of Biotech Led Enterprises (ABLE), enquête de Biospectrum sur l'évolution des recettes des ventes en prix courants.

étudient l'ingénierie biomédicale, les nanotechnologies et l'écoentrepreneuriat.

L'Inde se lance dans la construction aéronautique

Les exportations de produits manufacturés de haute technologie sont en hausse et représentent désormais environ 7 % du total (Banque mondiale, 2014). Les pièces pour l'aéronautique et les produits pharmaceutiques représentent près de deux tiers du total (figure 22.10). Les capacités technologiques de l'Inde dans ce dernier domaine ne sont plus à prouver, mais sa percée récente dans la fabrication aéronautique constitue un saut dans l'inconnu.

Récemment, la politique d'achat en matière de défense¹⁷ et la politique de compensation semblent avoir encouragé la production locale. Ainsi, l'Inde met actuellement au point un avion de transport régional dans le cadre d'un projet de développement de l'aviation civile indienne. Bien que l'initiative soit principalement d'ordre public, il est prévu d'y faire participer des entreprises indiennes du secteur privé.

L'Inde continue également d'améliorer ses capacités dans les domaines de la conception, de la fabrication et du lancement de satellites¹⁸. Ambitieuse, elle projette également d'envoyer des hommes sur la Lune et d'explorer la planète Mars.

L'Inde multiplie les services de haute technologie

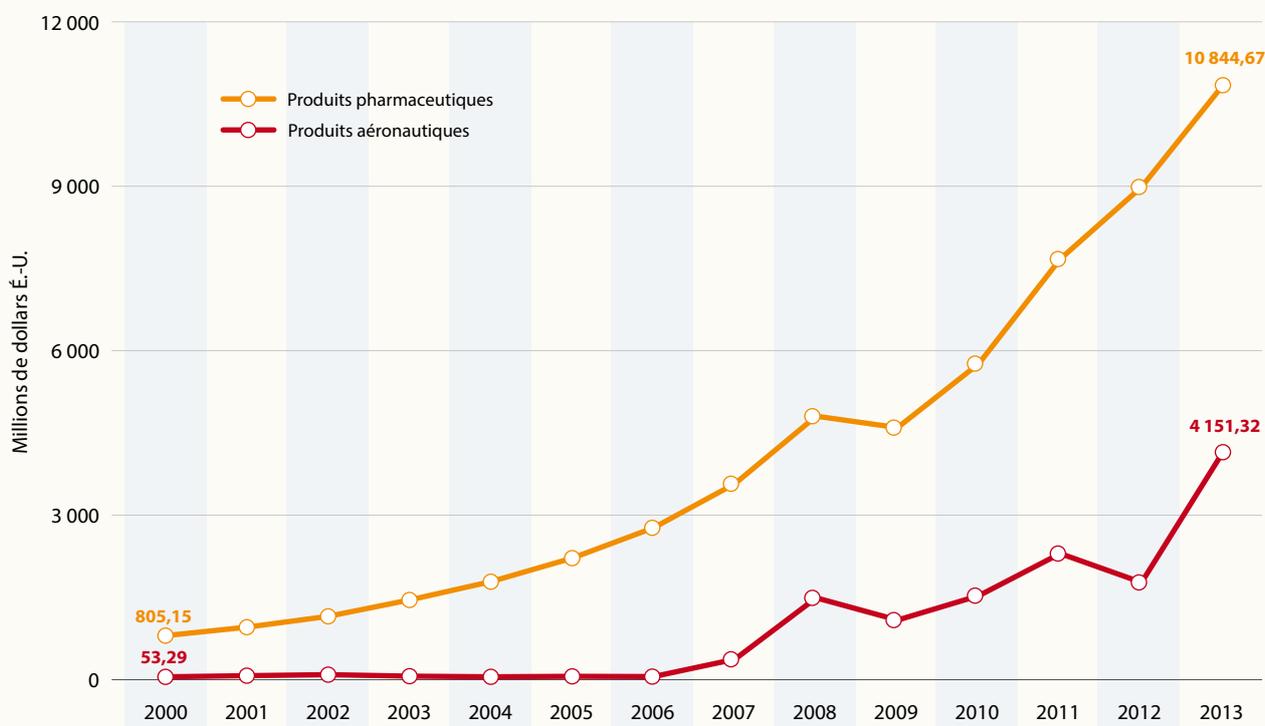
De nettes améliorations ont été apportées au secteur de l'aéronautique, voire aux segments aéronautiques de l'industrie informatique. Tirant parti des capacités des technologies de communication et de télédétection, le pays a considérablement développé l'éducation à distance et les interventions de santé publique. Au fil des ans, le réseau de télémedecine de l'Organisation indienne de recherche spatiale s'est élargi et relie désormais 45 hôpitaux ruraux et isolés et 15 hôpitaux hautement spécialisés. Les pôles isolés et/ou ruraux comprennent les îles d'Andaman, de Nicobar et de Lakshadweep, les régions montagneuses et vallonnées de Jammu et du Cachemire, y compris les villes de Kargil et de Leh, les hôpitaux universitaires d'Orissa et certains hôpitaux ruraux et de district sur le continent.

De grands progrès ont également été accomplis dans le secteur des télécommunications, en particulier dans les zones rurales. L'Inde a démontré par l'exemple que la meilleure manière de généraliser les télécommunications dans les zones rurales est de stimuler la concurrence entre les prestataires de services, qui réagissent en baissant leurs tarifs. Il en a résulté une nette amélioration de la télédensité, y compris dans les zones rurales. Le ratio croissant de la télédensité rurale par rapport à la télédensité urbaine, qui est passé de 0,20 en 2010 à 0,30 en 2014, illustre à la perfection cette tendance.

17. L'Inde achète environ 70 % de son équipement à l'étranger. En 2013, le gouvernement a adopté une politique d'achat en matière de défense qui privilégie la production locale par des sociétés indiennes ou des contreparties.

18. De plus amples informations sur le programme spatial de l'Inde sont disponibles dans l'encadré intitulé « Odyssée de l'espace » dans le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*, p. 367.

Figure 22.10 : Exportations indiennes de produits manufacturés de haute technologie, 2000-2013



Source : D'après la base de données des Nations Unies Comtrade et les Indicateurs du développement dans le monde de la Banque mondiale.

Objectif : devenir un pôle des nanotechnologies d'ici 2017

Ces dernières années, le gouvernement a accordé une attention croissante aux nanotechnologies¹⁹. L'Inde a lancé un projet de développement des nanotechnologies dans le cadre du *Onzième plan quinquennal* (2007-2012), coordonné par le Département de la science et de la technologie. Un montant de 100 milliards de roupies a été mobilisé sur une période de cinq ans pour renforcer les capacités et les infrastructures de R&D dans le domaine des nanotechnologies.

Le *Douzième plan quinquennal* (2012-2017) vise à faire progresser cette initiative, et à transformer l'Inde en « pôle mondial de connaissances » en nanotechnologies. À cette fin, un institut des nanosciences et de la technologie est en cours de création et 16 universités et établissements à travers le pays vont inaugurer des programmes de troisième cycle. Le projet finance également plusieurs initiatives²⁰ de recherche fondamentale menées par des chercheurs individuels : en 2013-2014, environ 23 projets d'une durée de trois ans ont été approuvés, portant ainsi le nombre de plans financés depuis le début de la mission à environ 240.

19. Voir l'enquête de Ramai *et al.* sur le développement des nanotechnologies en Inde (2014).

20. Jusqu'à présent, la mission de développement des nanotechnologies a produit 4 476 publications dans des revues répertoriées par le Science Citation Index, environ 800 doctorats, 546 masters de technologie et 92 masters en science (DST, 2014, p. 211). Voir également <http://nanomission.gov.in> et la figure 15.5, qui présente le classement mondial des 25 pays ayant publié le plus grand nombre d'articles sur les nanotechnologies en 2014.

L'inventaire des produits de consommation tient à jour le registre des produits basés sur les nanotechnologies et disponibles sur le marché (Projet sur les nanotechnologies émergentes, 2014). Seuls deux produits de soins personnels fabriqués en Inde y sont recensés, et l'entreprise les ayant mis au point est une multinationale étrangère. La même base de données relève 1 628 produits à l'échelle mondiale, dont 59 proviennent de Chine.

En 2014, le gouvernement a créé un centre de fabrication de nanotechnologies au sein de l'Institut central de fabrication technologique. À l'occasion de la présentation de son budget pour 2014-2015, le gouvernement central a annoncé son intention de renforcer les activités du centre à l'aide d'un partenariat public-privé.

En résumé, le développement des nanotechnologies en Inde est actuellement plus axé sur le renforcement des capacités humaines et des infrastructures physiques que sur la commercialisation des produits, qui demeure minime. En ce qui concerne le nombre d'articles sur les nanotechnologies publiés par million d'habitants en 2013, l'Inde se situait au 65^e rang mondial (voir figure 15.5).

Huit États sur 29 ont mis en place des politiques énergétiques clairement écologiques

Il semble que la politique de l'innovation du pays soit indépendante des autres stratégies de développement économique importantes, comme le *Plan d'action national*

sur le changement climatique (2008). Le niveau d'investissement public dans les sources d'énergie verte est quant à lui modeste, le budget du Ministère des énergies nouvelles et renouvelables ne représentant que 0,1 % des dépenses totales de l'État en 2010 (figure 22.7). Le gouvernement encourage cependant la production d'électricité à l'aide de plusieurs programmes d'énergies renouvelables (biomasse, parcs éoliens, panneaux solaires et petites centrales hydroélectriques). Il a également mis au point un ensemble d'incitations fiscales et financières, ainsi que d'autres mesures politiques et réglementaires pour attirer les investisseurs privés. Cependant, toutes ces initiatives ne sont que l'apanage du gouvernement central et seuls 8 États sur 29²¹ disposent de politiques énergétiques clairement écologiques.

Certaines entreprises indiennes possèdent désormais des capacités technologiques considérables en matière de conception et de fabrication d'aérogénérateurs, qui sont de loin la plus importante source de technologies vertes reliées au réseau (76 %). Avec une capacité installée de production de 18 500 MW, l'Inde est le cinquième producteur d'énergie éolienne au monde, et possède d'importantes infrastructures de recherche

et de fabrication. En 2013, trois quarts des installations étaient alimentées par l'éolien et le reste par la petite hydraulique (10 %), la biomasse (10 %) et le solaire (4 %). Depuis 2010, on assiste à une nette augmentation du nombre de brevets de technologies vertes délivrés (figure 22.11).

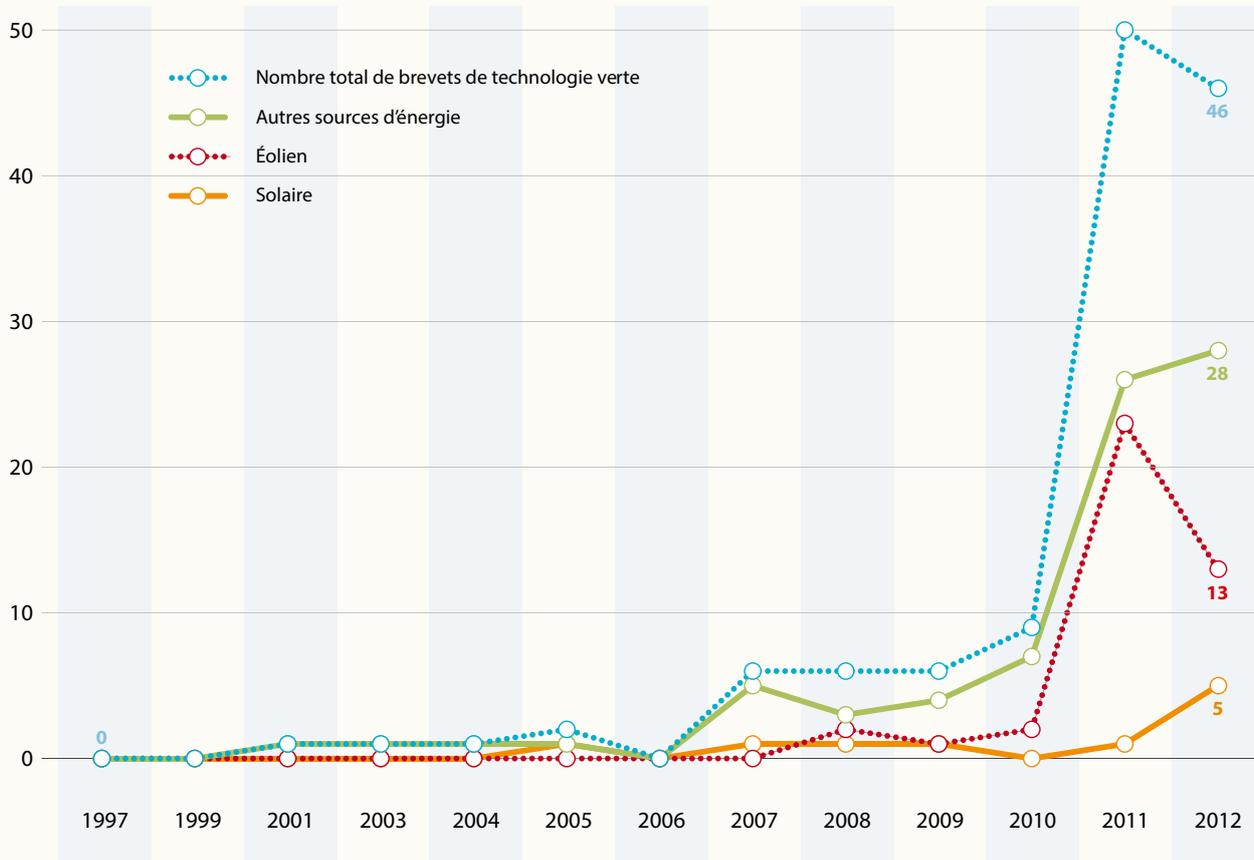
Des obligations vertes pour enrichir le bouquet énergétique national

En février 2014, l'Agence indienne pour le développement des énergies renouvelables (IREDA)²² a émis ses premières « obligations vertes » à échéance de 10, 15 et 20 ans, assorties de taux d'intérêt d'un peu plus de 8 %. Ces obligations exonérées d'impôt sont ouvertes aux investisseurs publics et privés. Le gouvernement Modi prévoit un investissement à hauteur de 100 milliards de dollars des États-Unis pour atteindre son objectif : installer une capacité de production de 100 gigawatts d'énergie solaire à l'échelle nationale d'ici 2022. Il a annoncé son projet de former une « armée solaire » de 50 000 personnes qui travaillera aux nouveaux projets. En outre, une nouvelle mission nationale de l'éolien a été annoncée en 2014, qui s'inspirera sans doute de la mission nationale de l'énergie solaire mise en œuvre par l'IREDA depuis 2010 (Heller *et al.*, 2015).

21. Andhra Pradesh, Chattisgarh, Gujarat, Karnataka, Madhya Pradesh, Rajasthan, Tamil Nadu et Uttar Pradesh.

22. Créée en 1987, l'IREDA est une société publique gérée par le Ministère des énergies nouvelles et renouvelables. Voir www.ireda.gov.in.

Figure 22.11 : Brevets de technologie énergétique verte octroyés à des inventeurs indiens, 1997-2012



Source : D'après les données fournies en annexe, tableaux 6 à 58, 6.64 et 66, NSB (2014).

TENDANCES EN MATIÈRE DE RESSOURCES HUMAINES

Le secteur privé recrute un plus grand nombre de chercheurs

La hausse annuelle de 7,83 % du nombre de personnes travaillant dans le domaine de la R&D pour des sociétés privées a entraîné une augmentation de 2,43 % par an du volume global des effectifs de R&D²³ en Inde entre 2005 et 2010. Sur la même période, le nombre de fonctionnaires se consacrant à la R&D a baissé, même si le gouvernement demeure le premier employeur en la matière (figure 22.12). Cette tendance corrobore le fait que

le système national d'innovation de l'Inde a de plus en plus une vocation commerciale.

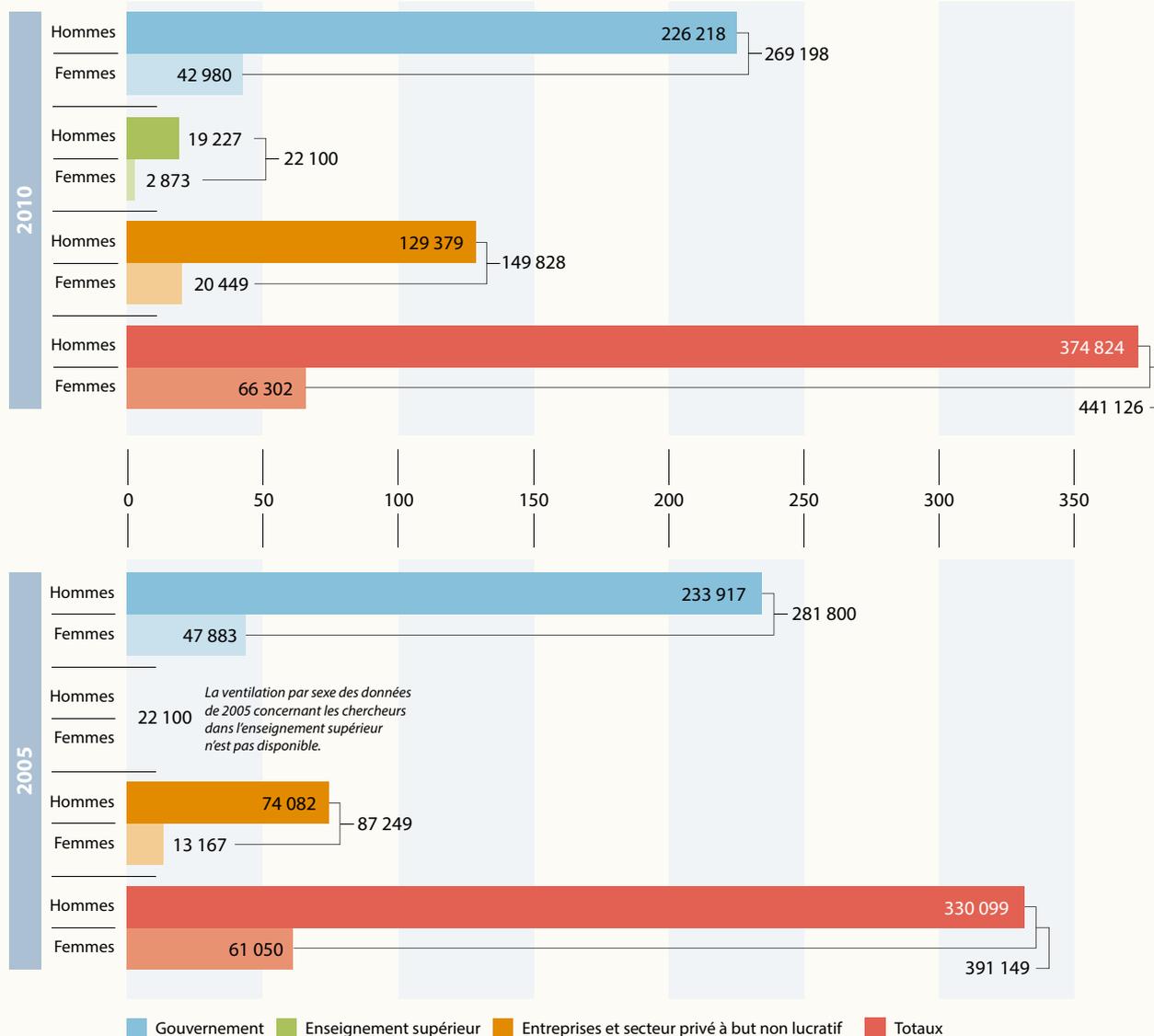
Il en résulte une hausse de la part des effectifs de R&D dans la population active, qui est passée de 8,42 pour 10 000 personnes en 2005 à 9,46 en 2010. Cela signifie que l'Inde a encore un long chemin à parcourir pour atteindre la densité affichée par les pays développés et la Chine.

Hausse spectaculaire du nombre d'étudiants en ingénierie

La pénurie de personnel de R&D est susceptible de freiner l'ascension technologique de l'Inde. Les décideurs sont

23. Le personnel de R&D regroupe les chercheurs, les techniciens et le personnel d'appoint.

Figure 22.12 : Chercheurs en équivalent temps plein (ETP) par secteur d'emploi et par sexe, 2005 et 2010



RAPPORT DE L'UNESCO SUR LA SCIENCE

pleinement conscients de ce problème²⁴ et ont mis en place un ensemble de politiques visant à accroître le nombre d'étudiants en science et en ingénierie. INSPIRE est l'une de ces politiques. Elle a pour principal objectif d'éveiller une vocation scientifique chez les jeunes (encadré 22.3).

L'Inde affiche habituellement un ratio scientifiques-ingénieurs de 8:1. Cela s'explique en partie par la répartition inégale des écoles d'ingénieurs dans les États, qui a amené le gouvernement à multiplier par deux le nombre d'Instituts nationaux de technologie (qui sont désormais au nombre de 16) et à créer cinq Instituts nationaux de la recherche et de l'enseignement scientifiques²⁵. Le ratio scientifiques-ingénieurs a diminué, passant de 1,94 : 1 en 2006 à 1,20 : 1 en 2013.

En 2012, on recensait 1,37 million de diplômés en science, en ingénierie et en technologie (figure 22.13), dont 58 % d'hommes. Les étudiantes choisissent généralement des filières scientifiques, où, en 2012, elles étaient d'ailleurs plus nombreuses que les hommes. Les étudiants en ingénierie et en technologie sont assez nombreux, mais le pays devra accroître le nombre de diplômés dans ces domaines s'il souhaite développer le secteur manufacturier.

La main-d'œuvre devrait posséder les compétences recherchées par les employeurs

Depuis des années, l'employabilité des scientifiques et des ingénieurs ne cesse de tourmenter les décideurs et, bien sûr, les employeurs potentiels. Le gouvernement a mis en place plusieurs mesures correctives visant à améliorer la qualité de l'enseignement supérieur (encadré 22.3). Citons, entre autres

24. L'amélioration des compétences nécessaires pour diffuser les sciences auprès des jeunes de tous groupes sociaux, et la promotion des métiers de la science, la recherche et l'innovation auprès des étudiants brillants et talentueux, constituent deux éléments clés de la *Politique des sciences, de la technologie et de l'innovation* (2013).

25. 172 universités ont été créées entre mars 2010 et mars 2013, portant leur nombre total à 665 (DHE, 2012 ; 2014). Aucune d'entre elles n'est une « université de l'innovation » en dépit de l'intention du gouvernement d'établir 14 établissements de ce type. Voir le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*, p. 369.

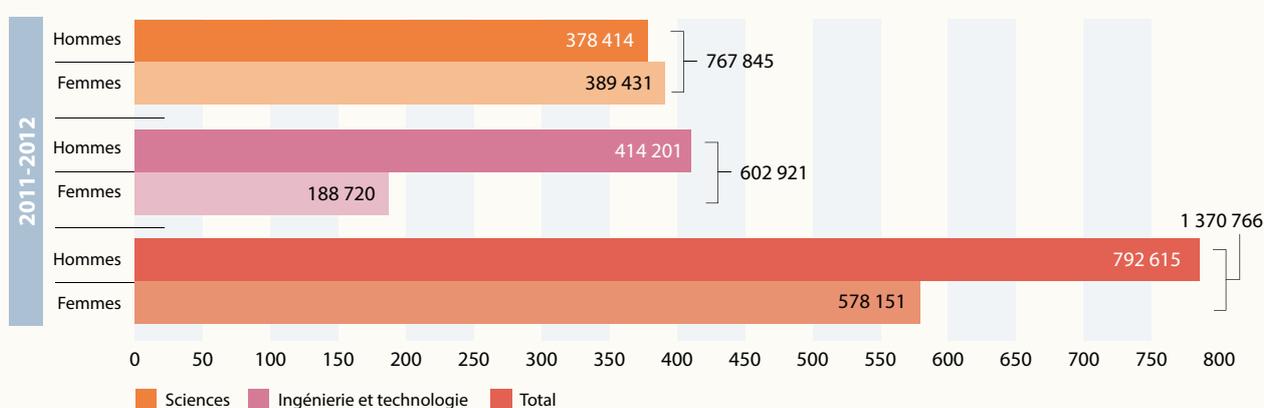
exemples, le durcissement du contrôle des activités des universités, la soumission des programmes et des installations à des audits réguliers et la mise en place de programmes de renforcement des capacités du corps enseignant. En 2010, la création du Conseil de recherche en science et en ingénierie a amélioré la disponibilité des subventions de recherche dans le système scientifique public.

Le gouvernement s'efforce également de promouvoir les liens entre le milieu universitaire et le secteur industriel. En 2012, par exemple, il s'est associé à la Confédération de l'industrie indienne pour inciter les doctorants à préparer leur thèse en partenariat avec des entreprises. Les candidats sélectionnés qui proposent un projet lancé par leur partenaire industriel reçoivent un montant deux fois supérieur aux bourses de doctorat habituelles.

Attirer la diaspora autour de projets à vocation technologique

Un autre problème récurrent concerne la migration de la main-d'œuvre hautement qualifiée. Si ce phénomène existe depuis l'indépendance de l'Inde en 1947, il s'est intensifié ces 20 dernières années du fait de la mondialisation. Mani (2012) a démontré que, si la migration de personnes hautement qualifiées est susceptible de réduire le nombre de scientifiques et d'ingénieurs à l'échelle nationale, elle produit également une quantité appréciable d'envois de fonds. De fait, l'Inde est devenue le premier pays destinataire d'envois de fonds à l'échelle mondiale. Les Indiens qualifiés vivant à l'étranger ont en outre contribué à la croissance des industries nationales de haute technologie, en particulier les services logiciels informatiques. Plusieurs mécanismes ont été mis en place pour encourager la diaspora à participer aux projets à vocation technologique. L'un des plus anciens est la bourse de réadmission Ramalingaswami du Département de biotechnologie, créée en 2006. Dans le cadre de cette initiative, en 2013, 50 chercheurs issus de la diaspora se sont vu offrir un poste au sein d'institutions indiennes.

Figure 22.13 : Diplômés indiens en science, ingénierie et technologie, 2011-2012



Remarque : On entend par diplômés les titulaires d'un diplôme de licence ou de master, d'une maîtrise de recherche spécialisée ou d'un doctorat.

Source : D'après les données du Département de l'enseignement supérieur (2012), *All India Survey of Higher Education 2011/2012*, tableaux 36 et 37.

Encadré 22.3 : Dispositifs visant à améliorer l'enseignement supérieur en Inde

Aucune université indienne ne figure parmi les premières dans les classements internationaux. À l'échelle nationale, la piètre qualité du système de l'enseignement supérieur est largement reconnue. Récemment, les employeurs potentiels se sont plaints du manque d'employabilité des diplômés des universités et des établissements universitaires à cycle court. À cela s'ajoute le fait que le secteur universitaire ne réalise que 4 % de la R&D. Au cours de la dernière décennie, le gouvernement a mis en place plusieurs dispositifs visant à améliorer l'enseignement et la recherche universitaires. En voici quelques exemples.

Le Ministère du développement des ressources humaines a lancé le programme *Rashtriya Uchchatar Shiksha Abhiyan* (RUSA) en octobre 2013. Son objectif est de garantir que les universités et les établissements universitaires à cycle court publics respectent les normes et les règles en vigueur et qu'ils adhèrent au cadre obligatoire d'assurance de la qualité en adoptant le système d'accréditation. Dans le cadre du programme RUSA, certaines réformes académiques, administratives et de gouvernance constituent des conditions préalables à l'obtention de subventions ; en outre, le respect des normes et la production de résultats régissent l'octroi des financements.

Suivant les recommandations du *Onzième plan quinquennal* (2007-2012), la Commission des subventions universitaires (UGC) a introduit un système de semestres et un système de crédits « à la carte » dès la licence, afin d'élargir l'éventail de choix des étudiants au-delà de leur domaine d'étude, de les familiariser avec le monde du travail par le biais de stages et de la formation professionnelle, et de leur permettre de transférer des crédits d'une université à l'autre.

En 2010, l'UGC a publié des réglementations sur les *Qualifications minimales régissant le recrutement des professeurs et autres membres du*

corps enseignant dans les universités et établissements universitaires à cycle court, et des mesures sur le maintien des normes relatives à l'enseignement supérieur. En 2012, il a publié des réglementations concernant *l'Évaluation et l'accréditation obligatoires des établissements de l'enseignement supérieur*.

Créé dans le cadre du *Neuvième plan quinquennal* et mis en œuvre par l'UGC, le Dispositif d'aide aux universités présentant un potentiel d'excellence subventionnait 15 universités en 2014 ; un appel à propositions visait à étendre cette aide à 10 nouvelles universités publiques et privées.

L'UGC gère en outre le Programme de promotion de la recherche universitaire afin de stimuler la recherche fondamentale, entre autres, dans les domaines des sciences médicales et de l'ingénierie. Ce programme octroie trois types de financement : des subventions de recherche aux enseignants débutants et aux enseignants en milieu de carrière et des bourses aux enseignants chevronnés qui approchent de l'âge de la retraite et qui présentent d'excellents états de service ; ces derniers se voient proposer de poursuivre leur carrière et de prendre de jeunes professeurs sous leur aile

Le Département de la science et de la technologie (DST) contribue, entre autres, au financement de la recherche, aux frais de personnel et à l'achat d'équipements par le biais de son programme de Promotion de l'excellence de la science et de la recherche dans les universités (PURSE) qui, au cours de la dernière décennie, a subventionné la recherche de 44 universités affichant un certain niveau de publications.

Le DST gère le Fonds pour l'amélioration des infrastructures scientifiques et technologiques des établissements de l'enseignement supérieur (FIST) ; créé en 2001, il a soutenu 1 800 départements et institutions entre 2010 et 2013.

Depuis 2009, le DST a amélioré les infrastructures de recherche de six universités réservées aux femmes par le biais du Programme de consolidation de la recherche universitaire aux fins de

l'innovation et de l'excellence (CURIE). La deuxième phase du projet a été lancée en 2012.

Le DST a mis en place le Programme d'innovation scientifique pour une recherche inspirante (INSPIRE) en 2009 afin d'encourager les vocations scientifiques ; ce dernier organise des camps scientifiques, des concours pour les 10-15 ans et des stages pour les 16-17 ans. En 2013, il avait par ailleurs octroyé 28 000 bourses à des étudiants en licence scientifique, 3 300 bourses de doctorat et 378 prix à des chercheurs âgés de moins de 32 ans, dont 30 % ont été décernés à des membres de la diaspora retournant en Inde pour se consacrer à la recherche.

Le programme pour l'intensification de la recherche dans les domaines hautement prioritaires (IRHPA) du DST a été lancé dans le cadre du *Sixième plan quinquennal*. Il comprend des groupes thématiques, des centres d'excellence et des installations nationales dans des domaines émergents et de premier plan de la science et de l'ingénierie, comme la neurobiologie, la chimie des solides, les nanomatériaux, la science des matériaux et des surfaces, la physique des plasmas ou la cristallographie des macromolécules biologiques.

Les établissements bénéficiant d'un financement du Département de biotechnologie et du Département de la science et de la technologie sont tenus de créer un répertoire institutionnel des articles écrits par leur personnel ; le Ministère de la science et de la technologie s'est pour sa part engagé à établir un registre central rassemblant tous les répertoires institutionnels.

Source : Lok Sabha (parlement indien), réponse du Ministre du développement des ressources humaines à la question n° 159, 7 juillet 2014 ; DST (2014) ; site Internet du gouvernement.

CONCLUSION

Les incitations n'ont pas permis de créer une vaste culture de l'innovation

Au vu de ce qui précède, il est évident que le système national d'innovation de l'Inde se heurte à différents problèmes. Il est particulièrement nécessaire :

- Que le gouvernement et le secteur des entreprises commerciales se partagent la responsabilité d'atteindre un ratio DIRD/PIB de 2 % d'ici 2018 : l'exécutif devrait profiter de l'occasion pour augmenter à environ 1 % sa propre contribution aux DIRD en investissant plus lourdement dans la recherche universitaire, en particulier, qui ne représente actuellement que 4 % de la R&D, afin de permettre aux universités de mieux remplir leur mission de création de connaissances et de transmission d'un savoir de qualité ;
- D'améliorer la formation et la densité des scientifiques et des ingénieurs participant à la R&D : ces dernières années, le gouvernement a multiplié le nombre d'institutions d'enseignement supérieur et a mis au point un large éventail de programmes visant à accroître la qualité de la recherche universitaire ; ces mesures portent déjà leurs fruits, mais des efforts supplémentaires sont nécessaires pour mieux répondre aux besoins du marché et créer une culture de la recherche dans les universités ; par exemple, aucun établissement créé depuis 2010 ne fait office « d'université de l'innovation » en dépit des déclarations d'intention du *Onzième plan quinquennal* (2007-2012) concernant la mise en place de 14 universités de ce type ;
- D'entamer une évaluation gouvernementale de l'efficacité des incitations fiscales à la R&D : l'Inde a beau posséder l'un des régimes fiscaux de R&D les plus généreux au monde, la culture de l'innovation ne s'est pas répandue au sein des entreprises et de l'industrie ;
- De consacrer une part plus grande des subventions publiques de recherche au secteur des entreprises : à l'heure actuelle, la plupart ciblent le système public de recherche, qui est indépendant du secteur manufacturier ; aucune des grandes subventions de recherche ne vise le secteur des entreprises commerciales pour développer des technologies spécifiques, à l'exception notable de l'industrie pharmaceutique ; le Conseil de développement technologique, par exemple, a consenti plus de prêts bonifiés que de subventions. À cet égard, le Conseil de recherche en science et en ingénierie, instauré en 2010 pour élargir le subventionnement de la recherche à tout le système scientifique, est un pas dans la bonne direction, à l'instar du mécanisme d'intensification de la recherche dans les domaines hautement prioritaires ;
- De soutenir l'émergence des petites et moyennes entreprises à vocation technologique en leur donnant un meilleur accès au capital-risque ; si une industrie du capital-risque est en place en Inde depuis la fin des années 1980, son rôle s'est dernièrement limité quasi exclusivement à l'apport de fonds propres. À cet égard, le fait que le budget national pour 2014-2015 prévoit la création d'un fonds de 100 milliards de roupies (environ 1,3 milliard de dollars É.-U.) afin de stimuler les apports de fonds propres et de quasi-fonds propres, les prêts concessionnels et d'autres types de capital-risque pour les start-up, constitue un signe encourageant ;

- De faire participer les sociétés pharmaceutiques et l'industrie des satellites à la prestation des services éducatifs et de santé auprès des citoyens ; on a pu observer jusqu'à présent un manque de recherches consacrées aux maladies tropicales négligées, tandis que l'utilisation un tant soit peu timorée des technologies satellitaires a empêché de dispenser des services éducatifs dans les zones éloignées.

Le plus grand défi que devront relever tous les décideurs indiens sera de satisfaire aux impératifs ci-dessus dans un laps de temps raisonnable.

OBJECTIFS PRINCIPAUX DE L'INDE

- Porter les DIRD de 0,8 % du PIB en 2011 à 2,0 % en 2018 et faire en sorte que la moitié provienne du secteur privé ;
- Transformer l'Inde en pôle mondial des nanotechnologies d'ici 2017 ;
- Porter la part du secteur manufacturier de 15 % du PIB en 2011 à environ 25 % en 2022 ;
- Faire passer la part des produits de haute technologie (aérospatiale, pharmaceutique, chimie, électronique et télécommunications) de 1 % des produits manufacturés à au moins 5 % d'ici 2022 ;
- Accroître la part des produits de haute technologie dans les exportations de produits manufacturés (7 % actuellement) d'ici 2022 ;
- Se doter d'une capacité de production de 100 gigawatts d'énergie solaire à l'échelle nationale d'ici 2022.

RÉFÉRENCES

- Brinton, T. J. *et al.* (2013) Outcomes from a postgraduate biomedical technology innovation training program: the first 12 years of Stanford Bio Design, *Annals of Biomedical Engineering*, 41(9) : p. 1803-1810.
- Comité sur l'agriculture (2012) *Cultivation of Genetically Modified Food Crops: Prospects and Effects*. Secrétariat du Lok Sabha : New Delhi.
- Conseil consultatif scientifique auprès du Premier Ministre (2013) *Science in India, a decade of Achievements and Rising Aspirations*. Département de la science et de la technologie : New Delhi.
- Conseil scientifique national (2014) *Science and Engineering Indicators 2014*. Conseil scientifique national, Fondation nationale pour la science (NSB 14-01) : Arlington, Virginie, États-Unis.
- Département de la science et de la technologie (2014) *Annual Report 2013-2014*. Département de la science et de la technologie : New Delhi.

- Département de la science et de la technologie (2013) *Research and Development Statistics 2011-2012*. Système national de gestion de l'information sur la science et la technologie. Département de la science et de la technologie : New Delhi.
- Département de la science et de la technologie (2009) *Research and Development Statistics 2007-2008*. Système national de gestion de l'information sur la science et la technologie. Département de la science et de la technologie : New Delhi.
- Département de l'enseignement supérieur (2014) *Annual Report 2013-2014*. Département de l'enseignement supérieur, Ministère du développement des ressources humaines : New Delhi.
- Département de l'enseignement supérieur (2012) *Annual Report 2011-2012*. Département de l'enseignement supérieur, Ministère du développement des ressources humaines : New Delhi.
- Gruere, G. et Sun, Y. (2012) *Measuring the Contribution of Bt Cotton Adoption to India's Cotton Yields Leap*. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires, Document d'analyse n° 01170.
- Heller, K. Emont, J. et Swamy, L. (2015) India's green bond: a bright example of innovative clean energy financing. Conseil de défense des ressources naturelles (NRDC), États-Unis. *Switchboard*, billet du NRDC rédigé par Ansali Jaiswal, 8 janvier.
- Institut flamand de biotechnologie (2013) *Bt Cotton in India: a Success Story for the Environment and Local Welfare*. Institut flamand de biotechnologie (VIB) : Belgique.
- Jishnu, M. J. (2014) *Agricultural research in India: an analysis of its performance*. Projet de rapport de master (non publié). Centre d'études sur le développement : Trivandrum.
- Mani, S. (2014) Innovation: the world's most generous tax regime. In Jalan, B. et Balakrishnan, P. (dir.) *Politics Trumps Economics: the Interface of Economics and Politics in Contemporary India*. Rupa : New Delhi, p. 155-169.
- Mani, S. (2012) High skilled migration and remittances: India's experience since economic liberalization, in Pushpangadan, K. et Balasubramanyam, V. N. (dir.) *Growth, Development and Diversity, India's Record since liberalization*. Oxford University Press : New Delhi, p. 181-209.
- Mani, S. (2002) *Government, Innovation and Technology Policy, an International Comparative Analysis*. Edward Elgar : Cheltenham (Royaume-Uni) et Northampton, Massachusetts (États-Unis).
- Mani, S. et Nelson, R. R. (dir.) (2013) *TRIPS compliance, National Patent Regimes and Innovation, Evidence and Experience from Developing Countries*. Edward Elgar : Cheltenham (Royaume-Uni) et Northampton, Massachusetts (États-Unis).
- Mukherjee, A. (2013) *The Service Sector in India*. Document de travail sur l'économie de la Banque asiatique de développement, série n° 352.
- Pal, S. et Byerlee, D. (2006) The funding and organization of agricultural research in India: evolution and emerging policy issues. In Pardey, P. G., Alston, J. M. et Piggott, R. R. (dir.) *Agricultural R&D Policy in the Developing World*. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires : Washington, D.C., États-Unis, p. 155-193.
- Palanisami, K. et al. (2013) Doing different things or doing it differently? Rice intensification practices in 13 states of India, *Economic and Political Weekly*, 46(8) : p. 51-58.
- PNUD (2014) *L'humanité divisée : combattre les inégalités dans les pays en développement*. Programme des Nations Unies pour le développement.
- Projet sur les nanotechnologies émergentes (2014) *Consumer Products Inventory* : www.nanotechproject.org/cpi
- Radjou, N., Jaideep, P. et Ahuja, S. (2012) *Jugaad Innovation: Think Frugal, Be Flexible, Generate Breakthrough Growth*. Jossey-Bass : Londres.
- Ramani, S. V., Chowdhury, N., Coronini, R. et Reid, S. E. (2014) On India's plunge into nanotechnology: what are good ways to catch-up? In Ramani, S. V. (dir.) *Nanotechnology and Development: What's in it for Emerging Countries?* Cambridge University Press : New Delhi.
- Sanyal, S. (2014) A New Beginning for India's Economy, Billet publié en ligne, 20 août. Forum économique mondial.

Sunil Mani, né en 1959 en Inde, est titulaire d'un doctorat en économie. Il est professeur au Centre d'études sur le développement à Trivandrum, dans l'État du Kerala, en Inde, et préside la Commission de planification en économie du développement. Il travaille actuellement à la réalisation de plusieurs projets portant sur les instruments de politiques d'innovation et la création de nouveaux indicateurs. Le Dr Mani a également été professeur invité honoraire au sein de plusieurs instituts et universités en Asie (Inde, Japon) et en Europe (Finlande, France, Italie, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni et Slovaquie).