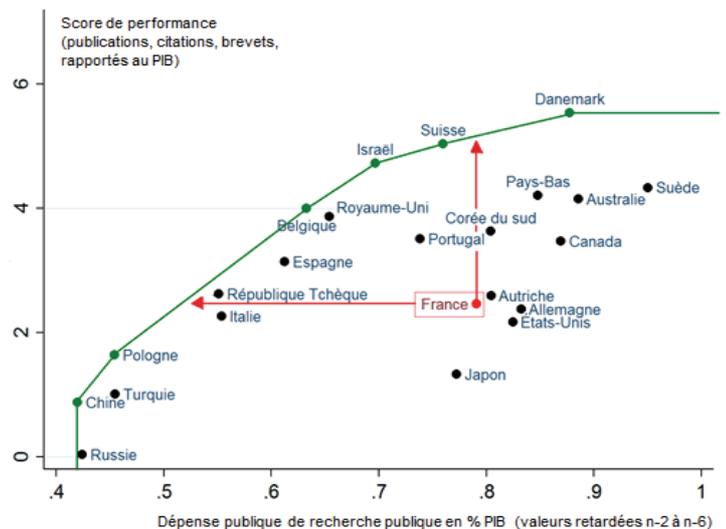


La recherche publique française en comparaison internationale

- Parmi les grands pays de l'OCDE, la France occupe la 5^{ème} place mondiale pour la dépense de recherche publique en 2015. Rapportée au PIB et en intégrant la R&D en défense, la dépense de R&D représente 0,86 %, ce qui place la France au-dessus de la moyenne de l'OCDE, mais en-dessous des pays leaders (les pays nordiques, la Corée et l'Allemagne) et de « l'objectif de Lisbonne » de 1 % du PIB.
- L'organisation et la gouvernance du système de recherche français présentent des spécificités. Si l'enseignement supérieur occupe souvent une place centrale dans les autres pays, les organismes de recherche (comme le CNRS) ont historiquement été au coeur du système français. Aujourd'hui, les laboratoires sont généralement mixtes (beaucoup ont, par conséquent, de multiples tutelles). Par ailleurs, les ressources proviennent essentiellement d'allocations budgétaires récurrentes (plutôt que contractuelles), et la part de financement allouée sur projets semble être la plus faible parmi les pays comparables.
- La production scientifique française couvre toutes les disciplines et elle est très internationalisée. Les indicateurs de résultat (dont les limites doivent être soulignées) suggèrent que cette production est comparable à la moyenne des autres pays avancés. La France est au 7^{ème} rang du point de vue du volume de publications scientifiques, dont la qualité (mesurée par l'intensité des citations reçues) est dans la moyenne. Le profil disciplinaire de ces publications évolue au même rythme que la moyenne mondiale. Enfin, la recherche publique française a une importance croissante dans les demandes de brevets.
- La France n'est pas positionnée sur la « frontière d'efficience » de la dépense de recherche publique, que l'on peut estimer en reliant les niveaux de dépense aux indicateurs de performance d'un échantillon de pays. De ce point de vue, elle n'est toutefois pas significativement différente de la moyenne des pays de second rang (qui incluent l'Allemagne et le Japon). La situation s'est améliorée depuis 2004, ce qui signale une dynamique positive.

Efficiéce des dépenses de recherche publique



Note de lecture : La distance verticale entre chaque point et la frontière indique l'augmentation de performance qui pourrait être atteinte en théorie à dépense égale ("output inefficiency"); la distance horizontale indique l'économie de dépense théoriquement réalisable à performance égale ("input inefficiency").

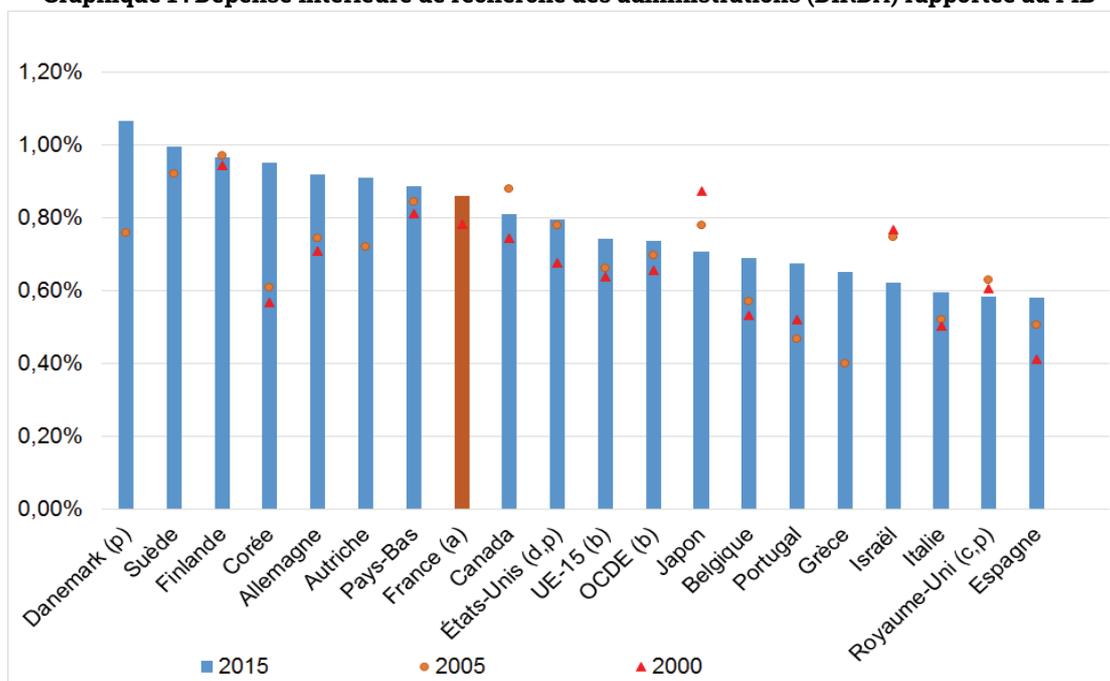
1. Les moyens consacrés à la recherche publique en France sont dans la moyenne haute des pays avancés¹

1.1 La France est au cinquième rang mondial pour la dépense de recherche publique

La dépense intérieure de recherche des administrations (DIRDA) s'élevait à 18,9 Md€ en 2015². Ce montant situe la recherche publique française au cinquième rang mondial parmi les grands pays de l'OCDE derrière les États-Unis, la

Chine, le Japon et l'Allemagne. Cette dépense atteint 0,86 % du PIB (cf. encadré 1) : une valeur supérieure à la moyenne des pays de l'OCDE (0,74 %), mais qui reste inférieure à celle des pays leaders (pays nordiques, Corée et Allemagne) et en dessous de l'objectif de 1 % fixé par le traité de Lisbonne³ (cf. graphique 1).

Graphique 1 : Dépense intérieure de recherche des administrations (DIRDA) rapportée au PIB



Source : OCDE, SIES, INSEE, graphique DG Trésor. (a) Discontinuités dans la série avec l'année précédente. (b) Estimation ou projection de l'OCDE fondée sur des sources nationales. (c) Estimation ou projection nationale. (d) Dépenses en capital exclues (toutes ou en partie). (p) Provisoire.

Depuis 2000, la dépense de recherche publique se caractérise par une faible croissance apparente, de l'ordre de 1,5 % par an en volume. Cette situation contraste avec le dynamisme de nombreux pays de l'OCDE où elle a sensiblement augmenté, comme en Allemagne (+2,9 %) ou aux États-Unis (+2,8 %). Toutefois, la ré-estimation du niveau de dépense pour corriger de ruptures méthodologiques (cf. encadré 1) modifie ce diagnostic : la dépense de recherche publique rapportée au PIB montre alors une progression comparable à la moyenne des autres pays avancés.

1.2 La recherche publique française se distingue par la proportion élevée de personnels de soutien et la faible rémunération des chercheurs

Pour leurs activités de R&D, les administrations publiques françaises employaient 111 787 chercheurs (équivalent temps-plein) en 2015, ce qui positionne la France en quatrième position dans l'OCDE. Avec 3,8 chercheurs pour 1000 actifs en 2014, elle est légèrement en-dessous de l'UE15 et comparable à l'Allemagne. Mais la France se démarque par l'importance du personnel de soutien : on en

- (1) Ce document a bénéficié d'une relecture par l'Observatoire des Sciences et Techniques du HCERES, ainsi que par le département des Systèmes d'information et des études statistiques (SIES) du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Des éléments chiffrés plus détaillés peuvent être obtenus dans la publication de référence du SIES, *l'état de l'enseignement supérieur et de la recherche en France*. Les messages et éventuelles erreurs restent de la responsabilité des auteurs.
- (2) Il s'agit du montant engagé pour la recherche exécutée par les administrations sur le territoire français. Les chiffres publiés par le Ministère de l'Enseignement Supérieur (résultats semi-définitifs pour 2015, issus de l'enquête R&D du *SIES*) ne tiennent plus compte des dépenses de R&D en défense : la dépense est alors de 18,1 Md€ en 2015 (voir encadré 1).
- (3) Remplacé depuis par la stratégie « Europe 2020 ». L'autre objectif de la stratégie de Lisbonne porte sur la répartition entre dépense de R&D publique (1/3) et privée (2/3). Par le rééquilibrage opéré sur la dernière décennie, la France s'est bien rapprochée de celui-ci.

compte 0,60 pour un chercheur – un ratio dépassé seulement par le Japon, l'Italie et la Corée du Sud (alors qu'il atteint 0,48 en Allemagne).

L'autre élément marquant est la faiblesse relative de la rémunération des chercheurs statutaires français par rapport aux autres pays, confirmée par plusieurs exercices de comparaison⁴, même si l'ampleur de l'écart varie avec la méthodologie retenue. Par exemple, la comparaison réalisée pour le compte de la Commission Européenne

(enquête EKTIS) montre qu'un maître de conférences (rang 3) percevait en 2011 un salaire annuel brut d'entrée de 21 711 € (en parité de pouvoir d'achat), soit 63 % du salaire d'entrée moyen perçu par les chercheurs en Europe et dans les pays de l'OCDE. Le salaire maximum auquel peut prétendre un chercheur en France (46 056 €) correspond à 91 % du salaire annuel maximal moyen européen et à 84 % du salaire maximal moyen des pays de l'OCDE.

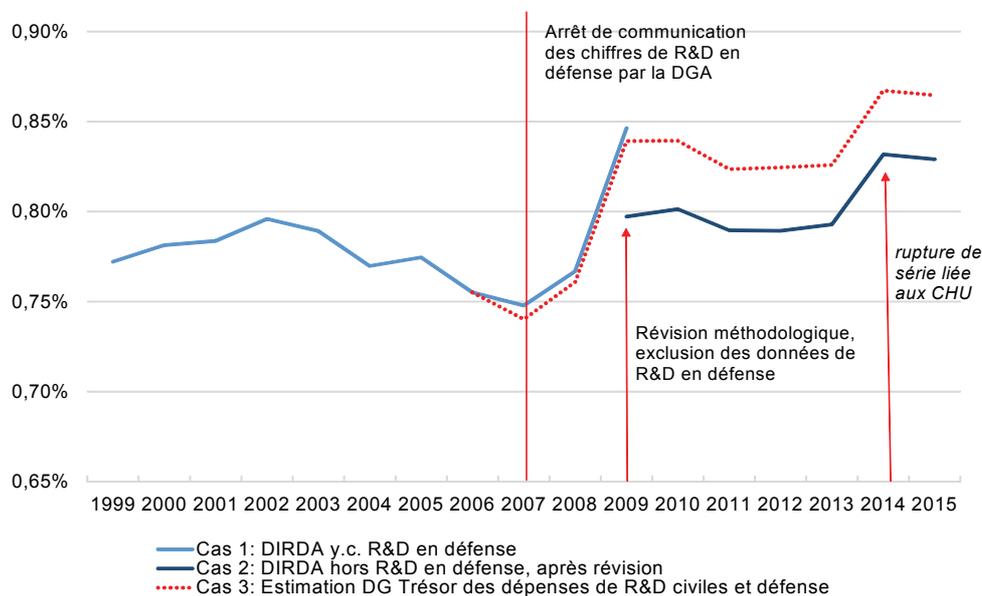
Encadré 1 : Ruptures méthodologiques dans les séries de dépenses de R&D ; une réestimation incluant la R&D en défense

En 2010, les montants de dépense de R&D en défense ont été exclus, ce qui s'est traduit par une réduction de la dépense de recherche d'environ 0,9 Md€. Afin de corriger cette rupture pour obtenir des données comparables aux autres pays, on peut réestimer les dépenses intérieures de R&D en défense pour les ajouter à la dépense intérieure de R&D civile des administrations (DIRDA), en utilisant (i) l'effort de recherche et développement de défense (ERDF, disponible de 2002 à 2015 dans l'annuaire statistique de la défense) et (ii) la dépense intérieure de R&D du Ministère de la Défense disponible de 2000 à 2006. Selon ces estimations (cf. graphique 2), l'intensité de R&D publique serait sous-évaluée en 2013 et s'élèverait à 0,82 % du PIB (au lieu de 0,79 %).

D'autres ruptures de série ont eu lieu pour 2014 et 2015 : une révision des dépenses attribuables aux écoles hors tutelle directe du ministère de la recherche, ainsi qu'une révision du personnel de recherche au sein des centres hospitaliers universitaires ont augmenté la dépense d'environ 1 Md€ (0,056 % du PIB). Les données disponibles ne permettent pas d'intégrer ces corrections sur les dépenses avant l'année 2014.

Si l'on applique aux chiffres de 2015 la correction des dépenses de R&D en défense, la DIRDA atteint 0,86 % du PIB. En comparaison internationale, cette réévaluation ne modifie pas la place de la France, toujours située entre le Canada (0,81 %) et les Pays-Bas (0,89 %).

Graphique 2 : Impact des changements de périmètre de 2010 sur l'évolution de la DIRDA (% du PIB)



Source : Graphique DG Trésor, données budgétaires et enquête R&D du Ministère de l'enseignement supérieur.

(4) Les comparaisons disponibles incluent Altbach et al., 2012, les données compilées par l'Academic Career Observatory, ainsi que les comparaisons effectuées par l'OCDE (Regards sur l'Éducation 2016, pp.440-442, portant sur les enseignants dans le supérieur). Altbach P.G., Reisberg L., Yudkevich M., Androushchak G. et Pacheco I.F. (2012), "Paying the professoriate. A global comparison of compensation and contracts", Routledge Press, New York,

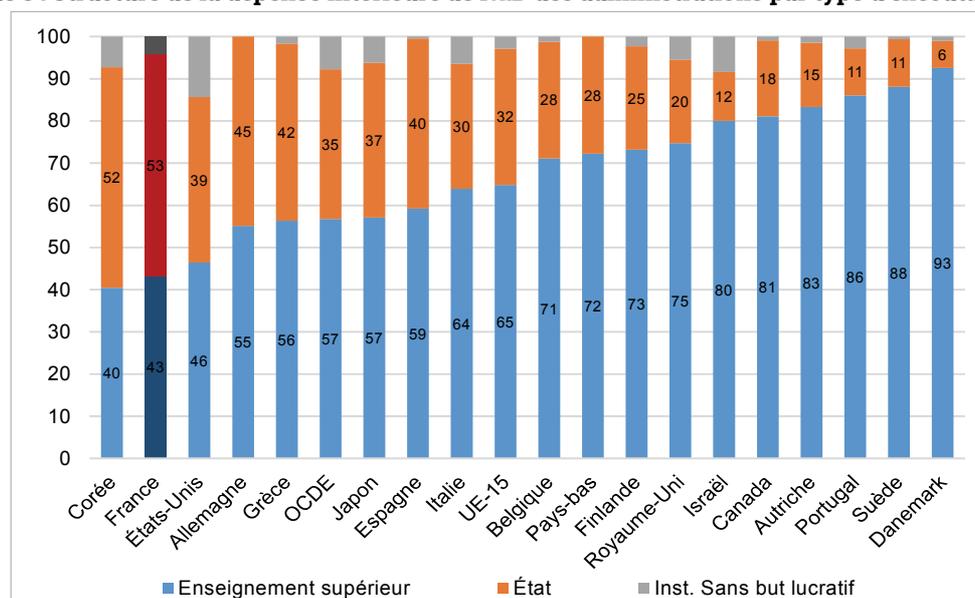
2. Les centres de recherche sont au coeur du système français, qui est principalement financé par des moyens budgétaires récurrents

2.1 Le rôle prépondérant des grands organismes de recherche

Le système de recherche publique français repose en grande partie sur les organismes publics de recherche (OPR), ce qui résulte des choix opérés au lendemain de la seconde guerre mondiale avec le lancement des grands programmes technologiques portés par des établissements thématiques. En pratique, toutefois, les laboratoires sont désormais majoritairement mixtes. Ils

sont composés de chercheurs relevant statutairement d'organismes de recherche, et d'autres relevant des universités. Cette organisation demeure une spécificité du modèle français. La comparaison de la répartition de la dépense de recherche par secteur d'exécution, en incluant la dépense exécutée par les OPR dans le secteur de l'« État »⁵, montre que celui-ci représente en France 53 % du total : c'est la part la plus élevée des pays comparables (cf. graphique 3).

Graphique 3 : Structure de la dépense intérieure de R&D des administrations par type d'exécutant (2015, %)



Source : OCDE, graphique DG Trésor. Le CNRS est reclassé dans le secteur de l'État.

Le pilotage des OPR, au-delà des objectifs de suivi examinés au conseil d'administration et du cadrage annuel *via* leur budget, repose sur leur « contrat d'objectifs et de performances » pluriannuel, qu'ils prennent en compte pour allouer leurs ressources en interne selon leurs priorités et celles de leurs équipes de recherche. Ces contrats sont toutefois assez généraux et les OPR disposent d'une grande latitude concernant la répartition de leurs moyens humains et financiers, en réunissant sous une seule autorité

l'orientation, le financement et l'exécution de la recherche, ainsi que l'évaluation des chercheurs⁶.

Par comparaison, les universités exécutent 55 % de la dépense publique de recherche en Allemagne (où elles dépendent du Land dans lequel elles sont implantées), en complément de quatre organismes de recherche pluridisciplinaires⁷. La place centrale des universités est plus apparente encore au Royaume-Uni. On y compte 166 institutions d'enseignement supérieur (universités,

(5) Dans les données produites par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, la R&D exécutée par le CNRS est classée dans le secteur de l'État (au même titre que les autres instituts de recherche). C'est également le cas dans les données de l'OCDE pour les autres pays (comme par exemple en Italie). Dans les données communiquées à l'OCDE par la France, le CNRS est toutefois intégré au secteur de l'enseignement supérieur pour refléter la mixité des laboratoires. Les données de l'OCDE sont ici retraitées pour réintégrer cette dépense au secteur de l'État. Ce secteur inclut également la dépense de R&D des services ministériels, de l'ordre de 1,2 % du total en 2015. En l'absence de ce retraitement la part de l'enseignement supérieur atteint 61 %.

(6) Voir notamment le rapport IGAENR n°2012-072 « Étude des mécanismes d'allocation des moyens humains et financiers aux unités de recherche par les organismes de recherche ». L'évaluation des établissements doit en revanche être externe : elle est effectuée soit par le HCERES, soit par un comité externe suivant une procédure qui doit être validée par le HCERES. La procédure n'était pas encore en place en 2016-17 pour le CNRS.

(7) Il s'agit de (1) La société Max Planck (MPG) orientée vers la recherche fondamentale, (2) La société Fraunhofer (FhG), orientée vers la recherche appliquée et le transfert technologique, (3) La communauté de centres de recherche Helmholtz regroupant les grandes infrastructures de recherche, et (4) La Communauté Leibniz (WGL) tournée vers la recherche appliquée dans les régions.

« University colleges », établissements spécialisés d'enseignement supérieur et autres), dont 24 appartiennent au « Russell Group ». À elles seules, ces dernières reçoivent 70 % des financements de l'enseignement supérieur et de la recherche, dans un esprit analogue aux démarches d'excellence du Programme d'Investissement d'Avenir ou des « Exzellenzinitiativ » en Allemagne.

Cette spécificité organisationnelle française contribue à expliquer que la part des dépenses de recherche publique consacrée à la recherche fondamentale soit parmi les plus élevées au monde. En France, 58 % des dépenses étaient consacrées à la recherche fondamentale en 2014⁸, 28 % à la recherche appliquée et 4 % au développement expérimental. Seuls Israël, la Pologne et la République Tchèque consacrent une part aussi importante de la dépense à la recherche fondamentale. Le Royaume-Uni, l'Irlande, les Pays-Bas, l'Italie, le Danemark et l'Espagne dédiaient plus de 40 % de leurs moyens à la recherche appliquée. Les États-Unis et la Corée du Sud privilégiaient les activités de R&D liées au développement expérimental, avec une part supérieure à 25 %.

2.2 Le financement provient majoritairement d'allocations budgétaires récurrentes

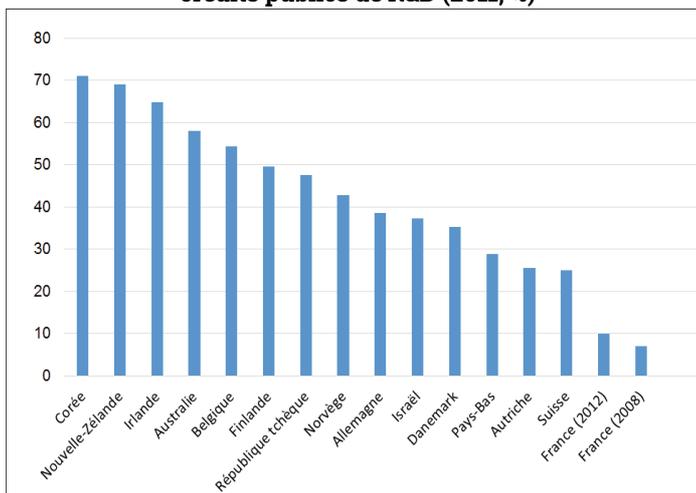
Les ressources dont dispose la recherche publique pour réaliser ses activités en France sont majoritairement issues d'allocations budgétaires récurrentes (65,4 % en 2015). Le financement sur contrat représente 22,4 % (provenant pour 60 % du secteur public, et pour le reste des entreprises et des institutions étrangères dont l'Union Européenne), et les ressources propres 12,2 %.

En ce qui concerne les établissements d'enseignement supérieur, une petite partie des moyens budgétaires (environ 3 % des crédits) a été conditionnée à des indicateurs de performance, par l'application entre 2009 et 2014 d'un modèle d'allocation baptisé « SYMPA » (SYstème de répartition des Moyens à la Performance et à l'Activité), mais l'étroitesse du périmètre limitait son rôle incitatif. Le modèle a été abandonné en 2014/2015 et les moyens sont alloués en fonction de leur valeur passée (sauf pour les

écoles d'ingénieurs, qui ont mis en place un nouveau modèle d'allocation à la performance, « MODAL »).

La part des financements « sur projets » (obtenus en répondant à des appels à projets compétitifs⁹) dans le total des ressources est difficile à évaluer et à comparer entre pays. Selon l'ANRT (Association Nationale Recherche Technologie), elle s'élevait en France à environ 10 % des ressources en 2012 (contre 7 % environ en 2008 – cf. graphique 4). L'augmentation est liée à la création de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) en 2005 et au début des Programmes d'Investissement d'Avenir. Le total des financements sur projets reste néanmoins faible, plaçant la France en dernière position parmi les pays comparables (OCDE, 2014¹⁰). Le manque d'expérience de ce mode de financement explique sans doute en partie la faiblesse du taux de retour aux appels à projets des programmes de recherche de l'Union Européenne, qui est en France inférieur à son potentiel et en constante dégradation¹¹.

Graphique 4 : Part des financements sur projets dans les crédits publics de R&D (2011, %)



Source : OCDE (2014), ANRT pour la France. Données non disponibles pour les autres pays. Chiffres probablement sous-estimés pour la France puisque les salaires des chercheurs impliqués dans les projets financés sont pris en charge par leur organisme.

Le financement sur appel à projets est sensiblement plus important en Allemagne, où il est assuré par plusieurs agences distinctes¹² et représente environ 40 % des financements engagés par l'État fédéral pour le soutien à la R&D.

(8) Chiffre antérieur à la révision des données incluant les CHU (voir encadré 1), qui tend à faire baisser la part de la recherche fondamentale. 10 % des dépenses ne sont pas classifiées selon cette typologie, et elle n'est pas renseignée pour tous les pays de l'OCDE.

(9) Le financement de projets représente une partie du financement sur contrat, qui recouvre d'autres modalités.

(10) Examens de l'OCDE des politiques d'innovation : la France, OCDE (2014).

(11) La France a perçu seulement 10,6 % des subventions par appels à projets pour le programme en cours (H2020) à la mi-2016, contre 16 % pour l'Allemagne. Sachant que la contribution nationale représente 15,9 % du budget de l'UE sur la même période, le taux de retour pour H2020 n'atteint que 0,67 (pour 1 € de contribution au budget de l'UE, seulement 0,67 € reviennent à la France par ce biais) - contre 1,25 pour le Royaume Uni.

(12) DFG, Projektträger, ainsi que des fondations comme Alexander von Humboldt.

3. La production scientifique française est dans la moyenne des pays avancés

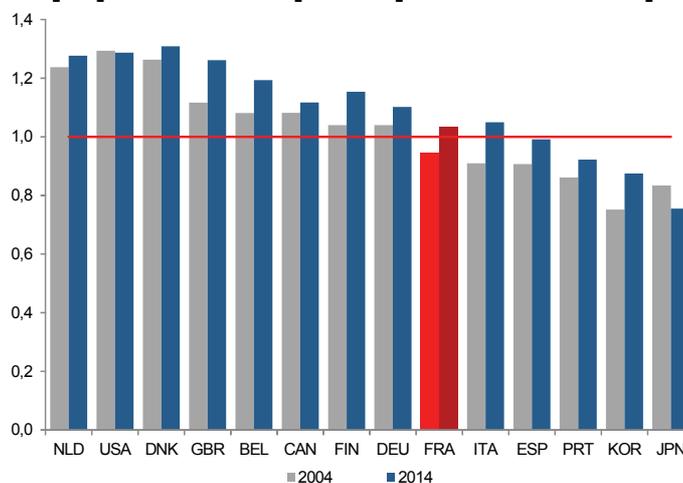
3.1 La France se classe au septième rang mondial pour le nombre de publications scientifiques

Avec 3,3 % des publications scientifiques mondiales, la France se plaçait au septième rang en 2015, derrière notamment les États-Unis (21 % des publications mondiales) et la Chine (15,3 %). Elle se positionne au 3^{ème} rang parmi les pays européens. La baisse de la part de la France depuis le début des années 2000 est commune aux autres pays développés, suite à l'arrivée de nouveaux acteurs sur la scène scientifique internationale (la Chine en particulier). Lorsqu'elle est rapportée à la population active ou au PIB, cette production situe la France dans la moyenne basse des pays développés (1,8 publication annuelle par millier d'actifs en 2014), en-deçà des pays du nord de l'Europe qui dominent le classement avec 3 à 3,5 publications par millier d'actifs.

La qualité des publications peut être approximée par l'intensité des citations qu'elles reçoivent (avec certaines limites importantes : cf. encadré 2). La part de la France dans le total des citations mondiales est de 3,8 % (contre 29 % pour les États-Unis). On peut construire un indice d'impact dans l'optique de comparer internationalement l'intensité des citations, en rapportant la part d'un pays dans le total des citations mondiales à la part du même pays dans le volume des publications mondiales pour le même

type de document, la même année et la même catégorie disciplinaire. La qualité de la recherche française ainsi évaluée est dans la moyenne des pays avancés, et s'est améliorée sur la dernière décennie (cf. graphique 5).

Graphique 5 : Indice d'impact des publications scientifiques



Source : Graphique OST, données Clarivate Analytics - WoS, traitements OST-Hcéres. Compte fractionnaire : une publication étiquetée avec P pays contributeurs est comptée 1/P pour chaque pays.

Note de lecture : un indice supérieur à 1 indique que les publications du pays ont une meilleure visibilité que la moyenne des publications mondiales. L'indice d'impact à 3 ans est défini par la part du nombre total de citations dans le monde reçues en 3 ans par les publications du pays p rapportée à la part de ce pays dans le total des publications. Données de 2014 calculées sur 2 ans.

Encadré 2 : Apports et limites des indicateurs de résultat

Trois indicateurs principaux permettent de quantifier la production scientifique et technologique : les publications, les citations de ces publications et les brevets^a. La nature intangible, incertaine et fortement spécifique des actifs de connaissance invite toutefois à les utiliser avec prudence dans l'évaluation et les comparaisons de la performance des systèmes de recherche publique.

Le volume de publications est parfois critiqué parce qu'il biaiserait les comparaisons internationales du fait que la propension à publier et à citer diffère sensiblement selon les disciplines et que les spécialisations disciplinaires varient entre les pays^b. Il est également possible que les bases de données enregistrent moins systématiquement les publications de langue non anglaise^c ou les publications alternatives aux articles (comme les livres), plus usitées dans certaines disciplines. Enfin, toutes les publications scientifiques ne sont pas issues de la recherche publique, même si c'est le cas pour la grande majorité.

Le nombre de citations fournit, lui, une mesure retardée de la qualité (les publications les plus récentes sont moins citées), et toutes les citations n'ont pas le même pouvoir de signal de la qualité (certaines peuvent être le fait des auteurs eux-mêmes ; il arrive qu'un article soit fortement cité suite à un discrédit de ses résultats).

Enfin, concernant les brevets, certaines découvertes présentant un intérêt économique ne sont pas brevetées, et à l'inverse la valeur économique de certains brevets est faible.

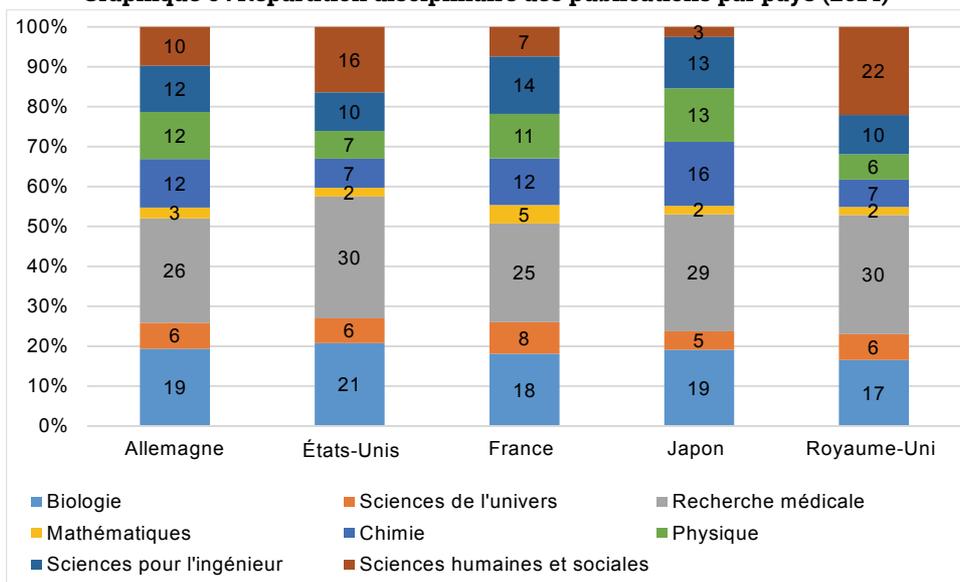
- Le comptage des publications selon les pays utilisé ici est un « compte fractionnaire » : une publication étiquetée avec P pays contributeurs est comptée 1/P pour chaque pays (selon l'institution de rattachement du chercheur).
- En plus du risque d'encourager une production de moins bonne qualité s'il est utilisé comme critère d'évaluation individuelle ; voir notamment Smaldino, P. & McElreath R. (2016), "The natural selection of bad science", R. Soc. open sci. 3: 160384. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160384>
- Les grandes bases de données répertorient les citations privilégient explicitement l'anglais : *World of Science* (WoS), par exemple, ne référence que les revues ayant au moins des résumés en anglais.

On peut également comparer le degré d'internationalisation des publications : la France est à la 5^e place, parmi les pays comparables, du point de vue de la proportion d'articles cosignés avec un chercheur étranger. En retrait par rapport aux pays d'Europe du nord (Danemark, Belgique, Suède), l'internationalisation de la recherche française est comparable à celle du Royaume-Uni ou de l'Allemagne : la proportion des publications impliquant au moins un laboratoire à l'étranger atteint 54,1 % en 2015. La taille des pays influence beaucoup ce chiffre : la co-publication avec des chercheurs affiliés à l'étranger est *a priori* moins probable pour les pays ayant des systèmes de recherche de grande taille.

On peut enfin comparer les pays selon leur profil disciplinaire (cf. graphique 6). Ainsi, si la recherche médicale représente une part importante des publications dans tous les pays, celle des Sciences Humaines et Sociales varie de 3 % (Japon) à 22 % (Royaume-Uni).

Les mathématiques sont la principale discipline pour laquelle la France présente une spécialisation par rapport à la distribution disciplinaire mondiale¹³. Cette spécialisation, compte tenu des spécificités disciplinaires qui apparaissent ci-dessus, tend à biaiser les comparaisons de performance et d'efficacité utilisant le volume de publications en défaveur de la recherche française puisque la propension à publier en mathématiques est inférieure dans tous les pays.

Graphique 6 : Répartition disciplinaire des publications par pays (2014)



Source : Données Clarivate Analytics - WoS, traitements OST-Hcéres, graphique DG Trésor. Compte fractionnaire.
 Note de lecture : 11 % des publications attribuées à la France appartiennent au domaine des Sciences Physiques (contre 7 % de celles des États-Unis).

L'évolution de la spécialisation disciplinaire permet aussi de juger du dynamisme de la recherche : une absence totale d'évolution sur une période suffisamment longue pourrait ainsi indiquer une certaine inertie¹⁴. Or, selon certains indicateurs, le profil scientifique français a évolué globalement au même rythme que la moyenne mondiale au cours de la décennie 2000.

3.2 La recherche publique française a une importance croissante dans les dépôts de brevets

La part des brevets issus de la recherche publique dans le nombre total de brevets (mesuré par les dépôts à l'Institut national de la Propriété industrielle, INPI) est passée de 7,2 % à 12,1 % entre 1999 et 2011. Les trois principaux OPR déposants sont le Commissariat à l'Énergie atomique, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l'Institut français du Pétrole et des énergies nouvelles, qui

(13) On peut confirmer ce point en calculant un indice de spécialisation relative, qui rapporte la part disciplinaire d'un pays *i* dans une discipline *j* (nombre de publications dans cette discipline rapporté au total d'un pays) à la part de publication du monde dans cette même discipline. Cet indice atteint 1,57 pour la France en Mathématiques, contre 0,75 aux États-Unis. Les sciences Physiques et les sciences pour l'ingénieur (incluant l'informatique) sont aussi des domaines de spécialisation relative, l'indice atteignant 1,2.

(14) Une forte évolution disciplinaire n'est pas uniformément souhaitable, mais une absence totale d'évolution est un signal négatif.

ont respectivement déposé 40 %, 27 % et 14 % des demandes issues de la recherche publique en 2014.

Un examen des brevets PCT (*Patent Cooperation Treaty*, qui accorde une protection dans 148 pays selon des critères plus rigoureux que l'INPI et à un coût de dépôt plus élevé) montre que 1042 brevets ont été déposés par la recherche française en 2013, soit 21 % du volume des États-Unis, premier pays déposant. La part de la recherche publique dans le total des demandes françaises de brevets PCT (16 % en 2011, contre 11 % en 2002) est l'une des plus élevées parmi les pays comparables. Les OPR pèsent particulièrement lourd dans le total des brevets de certains secteurs, notamment les semi-conducteurs (39 % des brevets publiés en 2013), les analyses de matériels

biologiques (45 %), les biotechnologies (46 %) ou les nanotechnologies (59 %).

La valeur des brevets déposés est difficile à évaluer. L'utilisation des revenus générés (cessions ou licences) peut être ambiguë : beaucoup de résultats n'ont pas vocation à générer des ressources, ou peuvent donner lieu à des valorisations sous d'autres formes (comme des participations au capital). On peut toutefois constater que la part des redevances de propriété intellectuelle dans les ressources des opérateurs publics de recherche s'est réduite entre 2007 et 2014. Ceci peut suggérer une baisse relative du rendement de ces brevets, ou être lié au passage dans le domaine public de certains brevets phares (à l'instar du Taxotère, un brevet qui a donné lieu à un médicament utilisé en chimiothérapie intensive et qui fut l'un des piliers des redevances du CNRS).

4. La dépense de recherche publique française ne fait pas partie des plus efficaces, sans être significativement différente des pays de second rang

Pour comparer l'efficacité des systèmes de recherche publique, il est nécessaire de mettre les indicateurs de résultat en regard des moyens engagés. Des comparaisons internationales ont été menées à partir d'un échantillon de [23 pays](#)¹⁵, pour lesquels sont disponibles à la fois des données sur les résultats et sur les moyens (montants de dépense intérieure de recherche). Le montant de dépense utilisé est la DIRDA telle que compilée par l'OCDE, exprimée en dollars constants et parité de pouvoir d'achat¹⁶. Les indicateurs de résultats considérés sont restreints à ceux qui sont le mieux mesurés (avec les limites mentionnées dans l'encadré 2) : il s'agit pour l'année 2013 du nombre total de publications scientifiques¹⁷, du nombre de publications appartenant aux 10 % les plus citées, qui

mesure la production à fort impact, et du nombre total de brevets déposés par la recherche publique¹⁸.

Les publications scientifiques, aussi bien que les demandes de brevets et les publications les plus citées, apparaissent fortement corrélés avec les moyens engagés. Les pays ayant les niveaux de dépense publique de R&D civile les plus élevés sont également ceux dont les niveaux de « production » sont les plus hauts. L'élasticité des résultats aux moyens (obtenue par un ajustement linéaire sans constante) est respectivement de 1,2, 0,6 et 1 pour le volume de publications, les brevets déposés par les chercheurs publics, et les publications les plus citées.

(15) L'ensemble des données et programmes utilisés sont disponibles sur Github. Données disponibles pour l'année 2013 : Australie, Autriche, Belgique, Canada, Chine, République Tchèque, Danemark, France, Allemagne, Israël, Italie, Japon, Corée du sud, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Russie, Espagne, Suède, Suisse, Turquie, Royaume-Uni, États-Unis.

(16) Données « Main Science and Technology Indicators » de l'OCDE. La dépense de recherche se traduit avec retard sur les résultats. L'ampleur moyenne des retards est estimée par Crespi & Geuna (2008). Nous utilisons donc un lissage pondéré des dépenses des années n-2 à n-6 (méthodologie reprise, entre autres, par Auranen & Nieminen, 2010).

Auranen O. & Nieminen M. (2010), "University research funding and publication performance. An international comparison", *Research Policy* 39 (2010) 822-834.

Crespi G. & Geuna A. (2008) "An empirical study of scientific production: A cross-country analysis, 1981-2002", *Research Policy* 37 (2008) 565-579.

(17) Données issues de la base de l'Observatoire des Sciences et Techniques (HCERES) qui est une version enrichie de la base *Web of Science de Clarivate Analytics*.

(18) Données de la base OMPIV2 de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle.

Une comparaison de l'efficacité de la dépense entre les pays suppose d'estimer la frontière technologique à partir de l'échantillon observé, pour en déduire la distance de chaque entité à cette frontière. On détermine quel niveau de performance il serait théoriquement possible d'atteindre, en fonction de la situation des pays les plus performants. Les deux méthodes usuelles utilisées dans cette optique sont le DEA (*Data Envelopment Analysis* ; Charnes *et al.*, 1978) et le SFA (*Stochastic Frontier Analysis* ; Aigner *et al.*, 1977)¹⁹. C'est la première²⁰ qui est privilégiée ci-après (*cf.* encadré 3), l'analyse stochastique étant utilisée comme test de robustesse (*cf. infra*).

Que ce soit sur la base des valeurs absolues, ou sur celle de montants normalisés par la taille des économies, la France n'est pas positionnée sur la frontière d'efficacité.

La première approche est illustrée par le graphique 7. Un groupe de pays ressort comme efficaces ou très proches de la frontière : il inclut les États-Unis, la Chine, la Corée, Israël, la Belgique et le Royaume-Uni²¹. De l'autre côté du spectre, des pays apparaissent comme nettement moins efficaces : leur niveau de dépense pourrait, au vu des performances des autres pays, se traduire par une production sensiblement plus importante (Turquie, Portugal, Japon et Russie - pénalisée par l'absence de brevets dans la recherche publique). La France est relativement éloignée de la frontière, dans une position intermédiaire parmi les pays ayant une dépense du même ordre. La recherche publique française atteint un score de performance légèrement inférieur à celui de la Corée avec un niveau de dépense supérieur de 60 % sur la période.

Encadré 3 : Principes de l'analyse par frontière d'efficacité

Le principe du DEA est de déterminer la frontière technologique pour un échantillon de pays à partir de la résolution d'un programme linéaire. Plusieurs hypothèses sont possibles sur la forme de la frontière, qui dépend des hypothèses sur sa convexité et du type de rendements d'échelle (croissants, décroissants, constants ou variables), mais la méthode ne requiert pas d'hypothèse sur la distribution et les relations entre les paramètres. Les pays situés sur cette frontière, réalisant le plus haut niveau de production pour un niveau d'intrants donné, seront considérés comme efficaces ; pour les autres, la distance à la frontière constitue une mesure d'inefficacité qui peut être de deux natures : *input inefficiency*, soit la proportion d'intrant qu'il est théoriquement possible d'économiser en conservant le même niveau de production (distance horizontale) ; ou *output inefficiency*, soit la hausse possible de la production à intrants inchangés (distance verticale – voir graphique de couverture).

Le DEA est purement une mesure de l'efficacité et non son explication. L'analyse est, par nature, dépendante de l'échantillon de pays, puisque l'exclusion d'observations efficaces changera la forme de la frontière et le score de l'ensemble des autres observations. La prudence est donc de mise dans l'utilisation des scores d'efficacité eux-mêmes, mais leurs valeurs relatives donnent des indications quant au classement des pays efficaces et à l'ampleur des écarts (avec les limites des indicateurs évoqués *supra*).

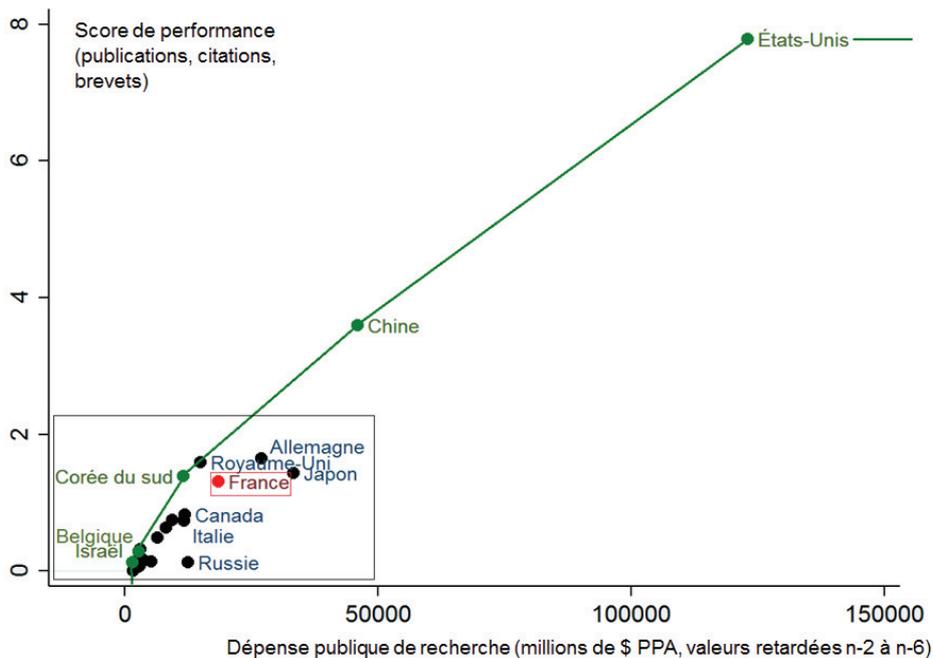
(19) Aigner D., Knox Lovell C. & Schmidt P. (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, 6(1): 21-37.

Charnes A., Cooper W. & Rhodes E. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*. 2: 429-444.

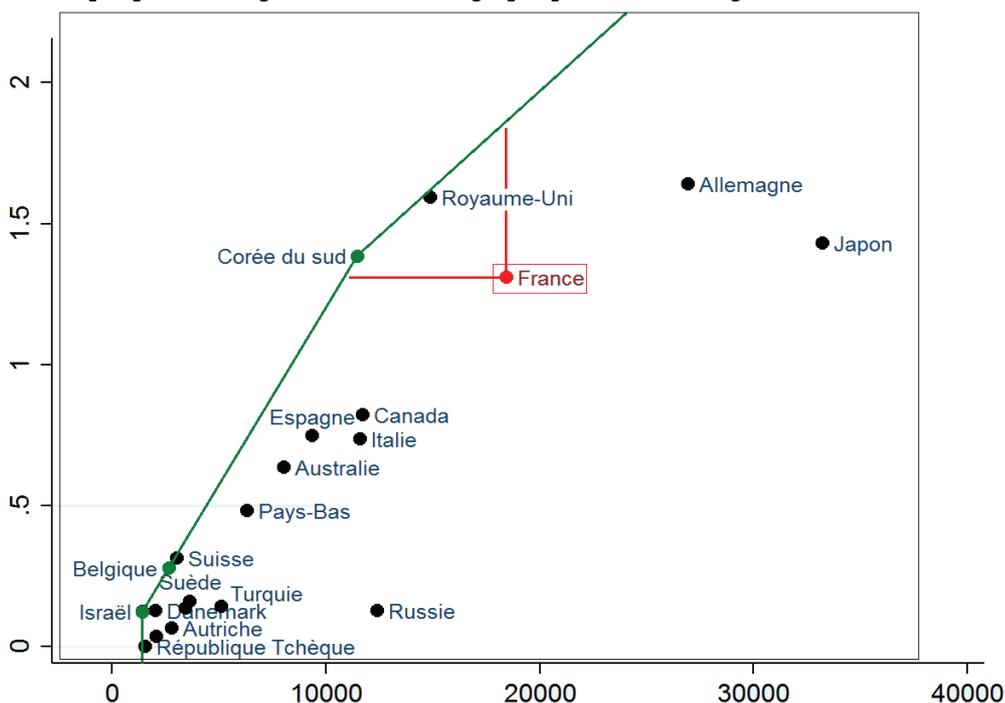
(20) Elle permet de prendre en compte simultanément les trois indicateurs en construisant un score de performance synthétique à l'aide d'une analyse en composantes principales. Il s'agit des coordonnées sur le premier axe principal, qui explique 95,2 % de la variance totale. Cette approche est possible dans la mesure où les trois indicateurs permettent une hiérarchisation sans ambiguïté (une valeur plus élevée est uniformément souhaitable). En standardisant les mesures de performance, cette approche rend équivalentes une différence d'un écart type en termes de publications et d'un écart type en termes de brevets. Le score est ensuite transformé linéairement pour être strictement positif. Les pondérations issues de l'ACP attribuent un poids équivalent à chacune des variables de performance ; le rapport des écarts types montre qu'une augmentation d'un brevet aura un impact sur le score équivalent à une augmentation d'environ 72 publications.

(21) La Grèce (qui présente le niveau de dépense publique le plus faible) a été retirée de l'échantillon.

Graphique 7 : Frontière d'efficacité des systèmes de recherche publique (dépendances et indicateurs de performance non normalisés, 2013)



Graphique 7 bis : agrandissement du graphique 7 au voisinage de la France



Source : DG Trésor.

La deuxième approche (illustrée par le graphique de couverture) consiste à normaliser la dépense et les indicateurs de résultat par la taille des économies. Elle est complémentaire de la première puisqu'elle met en regard l'intensité de l'effort de recherche avec le volume relatif de production scientifique²². Cette vision, qui avantage les petits pays, montre que la distance qui sépare la recherche publique française de la frontière d'efficacité est importante et d'ampleur comparable à celle de l'Allemagne ou de l'Autriche. Les États-Unis ne sont pas positionnés sur la frontière d'efficacité dans ce cas, ce qui peut indiquer l'existence de coûts fixes lorsque les systèmes de recherche sont de très grande taille. Ainsi, l'efficacité de la dépense décroît marginalement au-delà d'un certain seuil.

Le positionnement de la France a été corroboré par divers tests de robustesse, notamment la modification des hypothèses sur le rendement d'échelle de la recherche²³, l'emploi d'une définition alternative de la dépense de recherche excluant les dépenses de R&D en défense, l'application de la méthode de Bootstrap pour constituer

l'échantillon (en excluant aléatoirement des pays de l'échantillon), et l'utilisation d'une méthode alternative de régression paramétrique (SFA).

Enfin, il est possible de reproduire cette comparaison pour une année plus ancienne (2004, en utilisant les dépenses pondérées de 1998 à 2002). L'échantillon de pays pour lesquels les données sont disponibles est le même à l'exclusion de la Chine et de la Russie - et en rajoutant le Mexique. Il apparaît qu'en 2004, pour les valeurs non normalisées de dépenses et de résultats, la recherche publique française se plaçait parmi les pays de troisième rang, en retrait par rapport aux pays les plus efficaces (Royaume-Uni, Israël) et par rapport au groupe de pays intermédiaires. La Corée du Sud n'avait pas la place qu'elle occupe actuellement : son niveau d'efficacité la plaçait en net retrait. Ce changement pour la France entre 2004 et 2013 est l'effet conjoint d'une augmentation modérée du nombre et de l'intensité de publications, ainsi que d'une forte augmentation du nombre de brevets issus de la recherche publique.

Axel DEMENET

(22) Les indicateurs de production sont divisés par le PIB avant de réaliser l'ACP dont est tiré le score, ce qui élimine l'effet de la taille des pays.

(23) Les résultats principaux supposent des rendements d'échelle variables. Cette hypothèse revient à imposer une forme convexe à la frontière, et à rechercher la plus petite enveloppe convexe qui contient les couples (input, output). Elle est privilégiée puisqu'étant la moins restrictive parmi les différents types de rendements d'échelle : on suppose en effet qu'une augmentation de la dépense ne se traduit pas par une hausse proportionnelle de la performance.

Éditeur :

Ministère de l'Économie
et des Finances
Direction générale du Trésor
139, rue de Bercy
75575 Paris CEDEX 12

**Directeur de la
Publication :**

Michel Houdebine

Rédacteur en chef :

Jean-Luc Schneider
(01 44 87 18 51)
tresor-eco@dgtresor.gouv.fr

Mise en page :

Maryse Dos Santos
ISSN 1777-8050
eISSN 2417-9620

Derniers numéros parus**Mars 2018**

N°218. Perspectives mondiales au printemps 2018 : une croissance toujours soutenue
Louis Boisset, Laetitia François, Carole Hentzgen, Julien Lecumberry, Yasmine Osman,
Morgane Salomé

N°217. Comment expliquer la persistance du secteur informel dans les économies d'Asie du Sud ?
Louis Nouaille-Degorce, Patrick Pillon

Février 2018

N°216. La déformation du partage de la valeur ajoutée aux États-Unis
Gaëtan Stéphan

N°215. Quels instruments économiques pour lutter contre la résistance aux antibiotiques ?
Samuel Ménard, Léo Roesch

<https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/tags/Tresor-Eco>

in Direction générale du Trésor

t @DGTrésor

Ce document a été élaboré sous la responsabilité de la direction générale du Trésor et ne reflète pas nécessairement la position du ministère de l'Économie et des Finances.