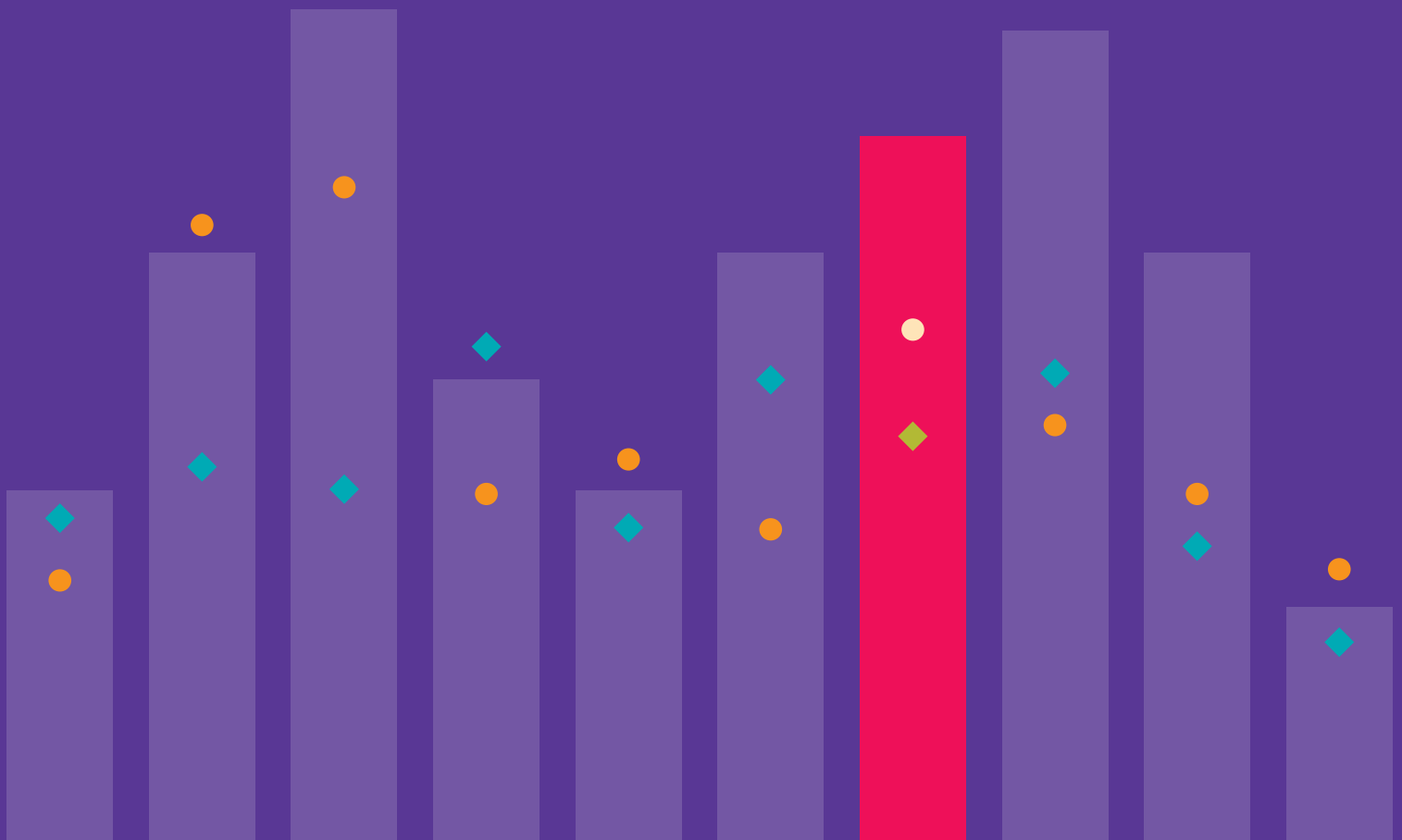




La position scientifique de la France dans le monde 2000-2015

Observatoire des Sciences et Techniques



Cet ouvrage est édité par le Hcéres

Hcéres

2 rue Albert Einstein
75013 Paris

Auteur : Observatoire des Sciences et Techniques

Sous la direction de : Frédérique Sachwald

Création/réalisation : Créapix

Impression : Imprimerie Frazier

ISBN : en cours

Dépôt légal : mars 2018

Merci de citer ce rapport comme suit :

OST (2018), *La position scientifique de la France dans le monde 2000-2015*, Hcéres, Paris



La position scientifique de la France dans le monde 2000-2015

Observatoire des Sciences et Techniques

Sommaire

Synthèse	7
Guide de lecture	12
Introduction	15
1. Repères statistiques et choix d'indicateurs	17
2. Évolution de la production scientifique dans le monde, 2000-15	21
2.1. Évolution du nombre de publications dans le monde depuis 2000	22
2.2. Évolution des publications mondiales par discipline	27
2.3. Co-publications nationales et internationales	29
2.4. Impact scientifique des principaux pays producteurs de publications	31
2.4.1. Impact moyen des publications des principaux producteurs	31
2.4.2. Publications les plus citées : volume et intensité de production	33
2.4.3. Distribution nationale et mobilité internationale des lauréats du prix Nobel	36
3. Caractérisation des publications scientifiques de la France	41
3.1. Évolution du nombre de publications de la France depuis 2000	42
3.2. Le profil scientifique de la France et son évolution	45
3.2.1. Évolution de la spécialisation de la France par grande discipline	45
3.2.2. Spécialisation scientifique comparée de la France en 2015	47
3.2.3. Évolution de la spécialisation de la France en sciences humaines et sociales	50

3.3. Impact scientifique des publications de la France	52
3.4. Les co-publications de la France et leur impact	57
3.4.1. Distribution des co-publications internationales de la France par partenaire	58
3.4.2. Spécialisation des co-publications internationales de la France	59
3.4.3. Impact scientifique des co-publications françaises selon les partenaires et les disciplines	60
4. Caractérisation des publications de la France en mathématiques	63
4.1. Volume de publications et spécialisation en mathématiques	65
4.2. Impact des publications en mathématiques	69
4.2.1. Impact par domaine de recherche en mathématiques	70
4.2.2. Les publications les plus citées en mathématiques	73
4.3. Publications et mobilité des lauréats de prix internationaux en mathématiques	78
4.3.1. Corpus des publications des mathématiciens primés	78
4.3.2. Mobilité des mathématiciens lauréats de prix internationaux	80
4.4. Co-publications en mathématiques et leur impact	82
Conclusions et approfondissements	86
Références bibliographiques et sites	88
Annexes	91
A1. Méthodologie des analyses bibliométriques	92
A2. Publications dans le décile le plus cité selon le corpus	97
A3. Mobilité des lauréats du prix Nobel	98
A4. Corpus pour la discipline mathématique	99
A5. Carte mondiale des co-publications en mathématiques	101
A6. Glossaire	103
Remerciements	106

Synthèse

Ce rapport propose une analyse du positionnement scientifique de la France depuis 2000 en s'appuyant essentiellement sur des données bibliométriques. Se concentrant sur le cas de la France et sur certaines de ses problématiques spécifiques, il offre un traitement plus approfondi des données françaises que des rapports bibliométriques publiés par l'Union européenne, l'OCDE ou certains pays. Un certain nombre de résultats convergent avec ceux de publications antérieures, mais l'analyse plus spécifique de la France apporte de nouvelles observations et dans certains cas émet des hypothèses qui mériteront d'être examinées par la suite.

Ce rapport est complémentaire des classements des institutions universitaires en fonction de leur performance en recherche, notamment les classements dits de Leiden et de Shanghai. En effet, en se plaçant au niveau national, ce rapport prend en compte les publications de l'ensemble des acteurs de la recherche en France. Il est aussi complémentaire des classements qui construisent des indicateurs synthétiques d'innovation. Ceux-ci comportent souvent des sous-indicateurs relatifs à la recherche et il est utile de pouvoir comprendre si ce sont des indicateurs pertinents qui ont été retenus et dans quelle mesure ils contribuent aux résultats des classements en matière d'innovation.

Production économique et production scientifique

Les premières puissances économiques sont aussi des puissances scientifiques, consacrant le plus de dépenses à la recherche académique et produisant le plus de publications. Leurs positions pour des indicateurs qualitatifs comme la production par habitant, l'impact scientifique des publications, ou le nombre de lauréats du prix Nobel rapporté au nombre de chercheurs, sont en revanche diverses.

Au milieu de la décennie 2010, la France est la 6^e puissance économique mondiale et le 25^e pays pour la production par habitant. Elle est le 6^e pays pour le volume de dépenses consacrées à la recherche publique et le 18^e pour l'intensité de ces dépenses par rapport à la production nationale. La France est le 7^e pays produisant le plus de publications scientifiques. Parmi les pays produisant plus de 10 000 publications par an, elle est au 11^e rang pour la proportion des publications nationales qui se classent parmi le centile des plus citées au monde.

Évolution des publications scientifiques dans le monde depuis 2000

Depuis le début du 21^e siècle, le nombre de publications a été multiplié par plus de 2 et atteint 1,8 million en 2015. Cette augmentation résulte de la combinaison d'un accroissement des publications dans les revues et actes de colloques recensés en 2000 et de l'intégration d'un nombre croissant de revues et d'actes de colloques par la base de données *Web of Science*, utilisée comme source pour construire la base bibliométrique de l'OST.

Trois pays historiquement intensifs en recherche ont conservé leur rang pour la production de publications entre 2000 et 2015 : les États-Unis (1), le Royaume-Uni (3) et l'Allemagne (4). La Chine est passée du 8^e rang mondial au 2^e, l'Inde du 12^e au 6^e. La Corée du Sud et l'Iran ont progressé respectivement du 14^e rang au 9^e et du 20^e au 16^e. Symétriquement, le Japon est passé du 2^e au 5^e rang, la France du 5^e au 7^e, le Canada du 6^e au 10^e. Le nombre de publications de la Russie a très peu évolué jusqu'au début des années 2010 et sur la période, elle est passée du 9^e au 14^e rang mondial.

La distribution par discipline des publications mondiales a sensiblement évolué, notamment du fait de la dynamique des publications de la Chine et de son profil de spécialisation. La recherche médicale reste la discipline qui publie le plus, alors que la biologie fondamentale a été dépassée par la chimie en 2005 et par les sciences pour l'ingénieur en 2012. Le nombre de publications en physique a été dépassé par les publications en sciences pour l'ingénieur en 2009. La biologie appliquée-écologie publie désormais un nombre de publications comparable aux sciences de l'univers et aux sciences sociales, ces dernières disciplines ayant connu une croissance plus forte. L'informatique était la discipline la plus petite par le nombre de publications en 2000 ; en 2015 elle a dépassé les sciences humaines et les mathématiques.

Co-publications entre institutions nationales et internationales

À l'échelle mondiale, de 2000 à 2015, le nombre de co-publications a été multiplié par près de 3 et celui des seules co-publications internationales par plus de 3. La part des co-publications internationales est ainsi passée de 15 % des publications en 2000 à 23 % en 2015. La tendance de long terme à mener des recherches en collaboration entre institutions se poursuit ainsi, à la fois au niveau national et international. Le nombre d'auteurs par publication varie d'une grande discipline à l'autre mais aussi au sein des disciplines en fonction de la taille des équipes dans les différents domaines de recherche.

Impact des publications scientifiques selon différents indicateurs

Parmi les 20 premiers producteurs de publications, la Suisse est celui dont l'impact à 3 ans est le plus élevé, à plus d'un tiers au-dessus de la moyenne mondiale de citations par publication. D'autres pays produisant des volumes de publications modestes ont aussi des performances élevées, comme les Pays-Bas, l'Australie ou le Danemark. L'impact moyen des États-Unis est de 30 % supérieur à la moyenne mondiale (1,3), celui de la Chine de 15 % inférieur (0,85). L'impact moyen des publications de la Chine est un peu inférieur à celui des publications de la Corée du Sud et un peu supérieur à celui des publications de l'Iran. En 2013, l'impact des publications chinoises a dépassé celui des publications japonaises, orienté à la baisse.

Les indicateurs d'impact moyen à 5 ans ou les indicateurs relatifs à la proportion des publications les plus citées dans la production nationale fournissent des résultats similaires quant au classement des pays.

Distribution nationale et mobilité internationale des lauréats du prix Nobel

La mobilité des 179 lauréats des prix Nobel scientifiques attribués entre 1994 et 2017 est analysée en examinant leurs affiliations à trois dates clés : l'obtention du doctorat, la réalisation des travaux leur ayant valu le prix et l'attribution du prix. Durant la période étudiée, seulement 10 % sont restés dans leur université d'origine et un quart a travaillé dans au moins deux pays différents.

Les titulaires d'un doctorat d'une université américaine ont été les plus nombreux à obtenir un prix Nobel et ont été rejoints par des chercheurs d'autres pays ayant choisi des universités américaines en cours de carrière. Certains lauréats partent aussi d'institutions américaines après leur doctorat, notamment vers des institutions britanniques, japonaises, australiennes ou allemandes. Les lauréats japonais tendent à rester au Japon, ou à circuler entre le Japon et les États-Unis. Les lauréats français sont parmi les plus stables.

La part des États-Unis passe de 50 % des institutions d'obtention du doctorat par les futurs lauréats, à 58 % des institutions où ils ont conduit les travaux qui leur ont valu le prix Nobel, et à près de deux tiers des institutions des lauréats au moment de son attribution. Ces pourcentages sont supérieurs à la part des États-Unis dans les publications les plus citées, avec notamment 37 % pour le centile le plus cité. C'est aussi le cas pour le Royaume-Uni, le Japon, la France, l'Allemagne et la Russie. À l'inverse, la Chine, le Canada et l'Australie ont une part plus élevée des publications les plus citées.

Profil scientifique de la France

La France reste fortement spécialisée en mathématiques : la part de la discipline dans les publications françaises est de 70 % plus élevée que dans le total des publications mondiales. La part des publications en recherche médicale et en biologie fondamentale dans le total des publications françaises est juste au-dessus de leur part dans le monde, alors qu'elle est légèrement en dessous pour la biologie appliquée-écologie. En sciences humaines la part des publications françaises oscille depuis 2000 entre 80 et 100 % de la moyenne mondiale ; en sciences pour l'ingénieur entre 80 et 90 %.

La spécialisation de la France a sensiblement évolué dans 5 grandes disciplines. En chimie sa spécialisation baisse depuis 2000, évolution qui peut être mise en relation avec la forte croissance du volume des publications de la Chine, très spécialisée en chimie. À l'inverse, la spécialisation de la France a fortement augmenté en sciences sociales (de 60 %) et plus modérément en informatique et en sciences de l'univers. La France apparaît ainsi modérément spécialisée en physique, sciences de l'univers et informatique, ces disciplines ayant une part de 20 % supérieure dans les publications françaises que dans le total mondial. La France reste non spécialisée en sciences sociales avec un indice inférieur de 40 % à la moyenne mondiale. Depuis le début du siècle, la France est néanmoins devenue spécialisée dans un domaine des sciences sociales, l'économie, tout comme l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne.

Le profil scientifique de la France diffère ainsi de celui des pays sélectionnés pour constituer le *Référentiel France* avec lesquels des comparaisons systématiques sont proposées : Allemagne, Corée du Sud, Espagne, États-Unis, Italie, Japon, Pays-Bas, Royaume-Uni et Suède.

Impact des publications scientifiques de la France par discipline

La comparaison entre l'indicateur d'impact des publications et celui des revues dans lesquelles elles paraissent pour les pays du *Référentiel France* et les 11 grandes disciplines souligne une corrélation positive entre les deux types d'impact, tout en pointant quelques exceptions. Elle montre aussi que l'impact moyen des publications d'un pays peut résulter soit de performances proches dans les différentes disciplines, comme aux États-Unis (entre 1,2 et 1,6 pour un impact moyen de 1,3), soit de performances plus dispersées entre disciplines, comme en France (entre 0,6 et 1,4 pour un impact moyen de 1,1).

Les co-publications scientifiques de la France et leur impact selon les partenaires

Les États-Unis sont le premier partenaire des co-publications internationales de la France, mais l'affinité scientifique entre les deux pays est modérée. L'indicateur d'affinité avec un partenaire rapporte sa part dans les co-publications internationales de la France à sa part dans le total des co-publications internationales. À l'inverse, la Russie est un partenaire modeste pour la France, mais son indice d'affinité scientifique dépasse d'un tiers la valeur neutre de 1. Seuls trois pays ont une affinité scientifique supérieure à 1 parmi les principaux partenaires de la France : la Belgique, l'Italie et la Suisse. Les indices d'affinité avec les deux grands partenaires européens, l'Allemagne et le Royaume-Uni, sont proches de 1. Parmi les principaux partenaires de la France, la Chine a l'indice d'affinité scientifique le plus faible, inférieur à 0,4.

Pour tous les pays du *Référentiel France*, les impacts des co-publications internationales sont supérieurs à ceux des co-publications entre institutions nationales, mais l'ampleur de l'écart varie selon les partenaires. Les co-publications entre partenaires de l'Union européenne, qui sont fréquentes, ont en moyenne un impact inférieur aux co-publications avec les États-Unis. L'impact des co-publications bilatérales avec les États-Unis est équivalent à l'impact des co-publications internationales pour le Royaume-Uni (1,8) et pour la France (1,7). L'impact du total le plus élevé est celui des co-publications multilatérales, de l'ordre de 2,2 pour les pays du *Référentiel France*.

L'impact des co-publications internationales de la France varie sensiblement selon les disciplines. En mathématiques, il est modérément supérieur à celui des co-publications nationales. L'écart est beaucoup plus grand dans les cas de la recherche médicale ou des sciences humaines. Ces disciplines sont cependant celles où la part des co-publications internationales est relativement faible. L'impact des co-publications avec les États-Unis, toujours supérieur à celui des co-publications intra-européennes, varie selon les disciplines. Il est supérieur à l'impact de l'ensemble des co-publications internationales en physique, informatique, sciences pour l'ingénieur, chimie, mathématiques et biologie fondamentale.

Les publications en mathématiques dans le monde et en France

Parmi les pays publiant le plus en mathématiques, la Chine se distingue par une forte croissance : le volume de ses publications dépasse celui de l'Allemagne en 2002, de la France en 2003 et des États-Unis depuis 2012. En 2015, la part de la Chine dans les publications mondiales en mathématiques est de 19 %, contre 16 % pour les États-Unis. Pour la période 2000-15, la France est le 3^e pays publiant le plus en mathématiques avec 6 % de la production mondiale.

Depuis 2000, le degré de spécialisation en mathématiques a sensiblement augmenté en Russie et en Autriche, baissé en Roumanie, Iran, Chine, Espagne, Belgique, Canada et Pays-Bas. Le classement des pays les plus spécialisés évolue peu, mais la France est devenue plus spécialisée que l'Iran et l'Autriche plus spécialisée que la Chine. Parmi les plus grands pays scientifiques, les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne et le Japon ne sont pas spécialisés en mathématiques.

Au sein de la discipline telle qu'elle est définie dans la base OST, les deux principaux domaines de recherche sont les Mathématiques fondamentales (44 %) et les Mathématiques appliquées (36 %). La part des Mathématiques fondamentales dépasse cependant la moitié de la production en Russie, au Japon et en Israël ; en France, elle atteint 49 %. En Chine, ce sont les Mathématiques appliquées qui représentent près de la moitié de la production. La France est l'un des rares pays spécialisés dans les quatre domaines qui composent la discipline. Son degré de spécialisation en Statistique & Probabilités est aussi élevé qu'en Mathématiques fondamentales (1,8). La Belgique, les États-Unis, le Canada, les Pays-Bas et le Royaume-Uni ne sont eux spécialisés qu'en Statistique & Probabilités.

Impact des publications en mathématiques

Parmi les pays retenus pour l'analyse de la discipline mathématique, quatre ont un nombre de citations moyen par publication à 5 ans de 20 % supérieur à la moyenne mondiale, soit un indice d'impact de 1,2 : les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Autriche et la Belgique. Les Pays-Bas, l'Italie et la France ont un indice d'impact de l'ordre de 1,1. Les publications des États-Unis ont un impact supérieur à la moyenne mondiale dans les quatre domaines de la discipline. Le Royaume-Uni, la Belgique et les Pays-Bas ont des performances élevées en Statistique & Probabilités, avec des indices de plus d'un tiers au-dessus de la moyenne mondiale. La France obtient sa meilleure performance en Mathématiques fondamentales avec un indice de près de 15 % au-dessus de la moyenne mondiale. En revanche, en Statistique & Probabilités, la France a un indice d'impact qui atteint à peine la moyenne mondiale. Son indice d'impact pour l'ensemble de la discipline résulte ainsi de bonnes performances en Mathématiques fondamentales et de performances modestes dans les autres domaines. C'est aussi en Mathématiques fondamentales que la France obtient ses meilleures performances pour les publications les plus citées.

Le corpus de publications des revues considérées comme les meilleures par l'*Australian Mathematical Society* est plus concentré sur le domaine des Mathématiques fondamentales. La part mondiale de la France dans ce corpus est de 50 % plus élevée, à 10 %, et celle des États-Unis, près de 70 % plus élevée, atteint 36 %. À l'inverse, les parts de la Chine et de la Russie sont beaucoup plus faibles. L'indicateur d'impact des publications des différents pays varie aussi sensiblement. En particulier, l'impact des publications américaines et françaises est un peu plus faible au sein de ce corpus très sélectif que dans l'ensemble de la base OST.

Publications et mobilité internationale des lauréats de prix internationaux en mathématiques

Le troisième corpus mathématique étudié est constitué des publications des lauréats de la Médaille Fields et des prix Abel, Gauss et Wolff. Il est encore plus concentré sur les Mathématiques fondamentales. Pour l'analyse, les publications sont attribuées au pays de l'institution où les lauréats ont obtenu leur doctorat. Pour ceux ayant plus de 50 publications parues dans la période 2000-12 – les États-Unis, Israël, la France, la Belgique et la Russie – la part du domaine Mathématiques fondamentales est comprise entre 74 et plus 90 %. Les indices d'impact des lauréats sont beaucoup plus élevés que pour l'ensemble des publications de ces pays en mathématiques, allant de près de 4 pour Israël et la France à près de 9 pour les États-Unis.

Comme les lauréats du prix Nobel, les lauréats de prix mathématiques sont mobiles et tendent à se concentrer aux États-Unis. À nouveau, comme pour les prix Nobel, les lauréats français apparaissent eux peu mobiles. De plus, en mathématiques, la France apparaît attractive pour des chercheurs étrangers.

Concentration des performances françaises en Mathématiques fondamentales

La France a une part mondiale d'autant plus importante que le corpus étudié est concentré sur les Mathématiques fondamentales : sa part est de 6 % pour l'ensemble de la discipline dans la base OST, approche 10 % sur le corpus des revues distinguées par l'*Australian Mathematical Society* et 16 % des publications des mathématiciens primés. Elle n'est en revanche que de 5,5 % dans le centile le plus cité du total des publications en mathématiques. Ce profil est différent de celui des États-Unis dont la part augmente continûment avec la sélectivité du corpus : elle passe de 16 % de l'ensemble de la discipline, à 33 % pour le corpus des revues de l'*Australian Mathematical Society*, 40 % du centile le plus cité et 43 % des publications des mathématiciens primés. La différence est notamment due au fait que les indicateurs d'impact des publications américaines sont comparables d'un domaine de la discipline à l'autre, alors qu'ils sont moins élevés en Statistique & Probabilités et en Mathématiques appliquées pour la France.

Conclusions et approfondissements

Depuis le début du 21^e siècle, la position scientifique de la France a plus évolué du fait du dynamisme de certains pays étrangers que d'évolutions internes. Le nombre de publications scientifiques de la France a augmenté de 40 % entre 2000 et 2015, mais elle est passée du rang de 5^e plus grand producteur mondial au 7^e. Au sein de l'Europe, des pays proches ont enregistré des évolutions quantitatives ou qualitatives plus importantes. Le profil disciplinaire des publications scientifiques françaises évolue relativement peu, mais certaines des évolutions sont dues à l'influence de la forte croissance chinoise sur la distribution de la production mondiale par discipline.

L'analyse bibliométrique couplée à l'analyse de la mobilité des lauréats des prix Nobel scientifiques et de prix internationaux en mathématiques permet de retrouver les grands résultats concernant le positionnement scientifique de la France, tout en apportant des informations à des grains plus fins. Il reste de nombreux sujets à approfondir pour mieux comprendre le positionnement scientifique de la France et son évolution.

Le rapport a montré que la position scientifique de la France est différent en sciences humaines et en sciences sociales. Il reste à approfondir à des grains plus fins, ce qui suppose de pouvoir à la fois détailler des comparaisons internationales sur les bases bibliométriques internationales et accéder à des corpus complémentaires.

Pour les mathématiques, un premier approfondissement pourrait porter sur une analyse du périmètre de la discipline. Il pourrait prendre en compte plus de domaines d'application et les interactions avec diverses disciplines comme l'informatique, la biologie ou certaines sciences sociales. À l'inverse, le périmètre de ce qui est considéré comme la discipline mathématique pourrait être restreint en deçà du principal corpus analysé dans le rapport. Au sein de la discipline, il serait aussi nécessaire de distinguer les domaines de la statistique d'une part et des probabilités d'autre part.

Guide de lecture

Glossaire

Le glossaire est à l'annexe 6. La première fois qu'un terme du glossaire est utilisé dans le texte, il est suivi d'un astérisque.

Codes ISO des noms des 40 pays produisant le plus de publications scientifiques

Pays	Code ISO
Argentine	ARG
Australie	AUS
Autriche	AUT
Belgique	BEL
Brésil	BRA
Canada	CAN
Suisse	CHE
Chine	CHN
République tchèque	CZE
Allemagne	DEU
Danemark	DNK
Égypte	EGY
Espagne	ESP
Finlande	FIN
France	FRA
Royaume-Uni	GBR
Grèce	GRC
Inde	IND
Irlande	IRL
Iran	IRN

Pays	Code ISO
Israël	ISR
Italie	ITA
Japon	JPN
Corée du Sud	KOR
Mexique	MEX
Malaisie	MYS
Pays-Bas	NLD
Norvège	NOR
Nouvelle-Zélande	NZL
Pologne	POL
Portugal	PRT
Roumanie	ROM
Fédération de Russie	RUS
Singapour	SGP
Suède	SWE
Thaïlande	THA
Turquie	TUR
Taiïwan	TWN
États-Unis	USA
Afrique du sud	ZAF

Abréviations des noms de disciplines

Grandes disciplines	Abréviation
Biologie appliquée-écologie	Bio. app. / Eco.
Biologie fondamentale	Bio. fond.
Chimie	Chimie
Informatique	Info.
Mathématiques	Maths
Physique	Physique
Recherche médicale	Rech. méd.
Sciences de l'ingénieur	Sc. ingé.
Sciences de l'Univers	Sc. univ.
Sciences humaines	Sc. Hum.
Sciences sociales	Sc. Soc.

Abréviations des noms de domaines de recherche en mathématiques

Domaines de recherche	Abréviation
Mathématiques appliquées	Maths A
Mathématiques, applications interdisciplinaires	Maths AI
Mathématiques fondamentales	Maths F
Statistiques & probabilités	Stat & Proba

Lorsque le texte désigne un domaine de recherche en mathématiques correspondant aux catégories de la base Web of Science, il est écrit avec une majuscule.

Introduction

Depuis le début du 21^e siècle, l'innovation est considérée par les pays à hauts revenus non seulement comme un facteur essentiel de leur développement économique, mais aussi comme une composante majeure de la réponse aux défis sociétaux tels que la dégradation de l'environnement ou le vieillissement. Les politiques publiques en faveur de l'innovation se sont fortement développées, bénéficiant de ressources croissantes et déployant un arsenal progressivement enrichi d'instruments pour couvrir l'ensemble des activités et des facteurs qui concourent aux processus d'innovation.

Les analyses des systèmes d'innovation se sont aussi développées, y compris pour mieux comprendre le rôle de la recherche scientifique dans la dynamique de l'innovation. La recherche scientifique génère de nouvelles connaissances qui, après des périodes pouvant s'étendre sur des décennies, sont à la source d'innovations majeures et stimulent le développement d'activités économiques entièrement nouvelles. L'activité de recherche menée au sein d'institutions publiques et des entreprises est en outre nécessaire au développement des capacités d'absorption* des connaissances et à l'aboutissement d'innovations incrémentales dans de nombreux domaines. Enfin, elle contribue, à travers ses interactions avec l'enseignement supérieur, au développement des compétences et de la créativité des personnels très divers qui animent les systèmes d'innovation contemporains.

Différents travaux empiriques dans le domaine de l'économie de la recherche et de l'innovation ont montré de façon complémentaire que la qualité des activités et des travaux de recherche est importante pour accroître leur impact économique et social. Il existe notamment des interactions positives entre la qualité des résultats de la recherche et des variables importantes pour leur valorisation telles que l'engagement des chercheurs dans des coopérations avec des entreprises ou dans des activités de commercialisation (dépôt de brevets, création d'entreprises). Dans cette mesure, les notions d'excellence scientifique et d'impact socio-économique des travaux de recherche peuvent être conciliées (Bornmann 2017, Ellegaard et Wallin 2015, Wilsdon *et al.* 2015)

Dans ce contexte, les pays et les organisations internationales dont la mission est de renforcer les politiques publiques dans ces domaines cherchent à comparer les performances en matière de recherche et d'innovation. Des rapports d'indicateurs nationaux et internationaux portent ainsi sur l'ensemble des facteurs qui peuvent concourir à l'innovation. L'OCDE et la Commission européenne publient régulièrement des séries d'indicateurs sur les facteurs d'innovation (OCDE 2016, 2017, CE 2016, 2017). L'UNESCO produit aussi des rapports sur la science comportant différents indicateurs pour un ensemble plus large de pays (UNESCO 2015). La France a récemment publié un rapport d'indicateurs visant à positionner sa capacité d'innovation par rapport à un référentiel de pays (DGRI-DGE 2016). Ce rapport comportait quelques indicateurs agrégés sur les performances scientifiques des pays du référentiel de comparaison. Certains pays publient des rapports plus centrés sur les ressources et les performances de la recherche scientifique. Les États-Unis publient un rapport d'indicateurs sur la science et la technologie tous les deux ans (NSF 2016). En Europe, le Royaume-Uni, l'Allemagne, la Suède ou la Suisse publient régulièrement ou épisodiquement des rapports d'indicateurs sur le positionnement de leur système de recherche (BIES 2017, EFI 2017, Monaco *et al.* 2016, SEFRI 2018). La position de la France en matière de recherche et de publications est abordée dans certains de ces rapports, mais à un niveau très agrégé, à travers un nombre limité d'indicateurs et sans suivi temporel. Des rapports d'indicateurs bibliométriques publiés par l'Union européenne (Campbell *et al.* 2013) ou l'OCDE (2016) ont fourni des informations complémentaires sur le positionnement de la France pour la première décennie du 21^e siècle, y compris au niveau des disciplines ou des défis sociétaux pour l'UE.

Ce rapport propose une analyse approfondie du positionnement scientifique de la France depuis 2000. Il s'appuie essentiellement sur des données bibliométriques et exploite les informations qu'elles peuvent fournir pour comparer les pays dans différentes disciplines et domaines de recherche. Outre les rapports mentionnés ci-dessus, il est complémentaire de deux types de classements internationaux.

Ce rapport est complémentaire des classements des institutions universitaires en fonction de leur performance en recherche, notamment les classements dits de Leiden et de Shanghai (ARWU 2017, CWTS 2017).

En effet, en se plaçant au niveau national, ce rapport prend en compte les publications de l'ensemble des entités conduisant des activités de recherche en France, sans distinction de statut ou de taille. Il met l'accent sur les comparaisons avec d'autres pays et ne descend pas au grain des institutions publiques ou des entreprises.

Ce rapport est aussi complémentaire des classements qui construisent des indicateurs synthétiques d'innovation (EU 2017, INSEAD-WIPO 2017). En effet, ceux-ci comportent souvent des sous-indicateurs relatifs à la recherche et il est utile de pouvoir comprendre si ce sont des indicateurs pertinents qui ont été retenus et dans quelle mesure ils constituent un ensemble cohérent avec les autres indicateurs. Dans cette perspective, la première partie de ce rapport souligne la différence systématique à opérer entre indicateurs de volume (dépendant de la taille du pays) et indicateurs d'intensité ou de qualité (indépendants de la taille). Cette distinction vaut pour des comparaisons entre indicateurs relatifs à la recherche, mais aussi entre indicateurs relatifs à la recherche d'une part et à l'innovation d'autre part. Or, les indicateurs qui servent à construire les classements en matière d'innovation sont généralement normalisés et indépendants de la taille, comme par exemple l'intensité en R&D qui est normalisée par le volume de production nationale. Il n'est ainsi pas pertinent de les comparer directement à des indicateurs dépendant de la taille, comme par exemple la part des publications mondiales d'un pays.

Le rapport comporte quatre parties et une série d'annexes qui portent sur les sources des données utilisées, la méthodologie et le vocabulaire avec un glossaire¹.

La première partie fournit des statistiques permettant de positionner la France pour différents types de variables démographiques, économiques et scientifiques. Elle présente aussi les types d'indicateurs utilisés dans le rapport en soulignant la distinction entre ceux qui dépendent de la taille ou du poids économique des pays et ceux qui visent à refléter des aspects qualitatifs ou d'intensité.

La deuxième partie présente différents aspects de la production scientifique dans le monde depuis le début du 21^e siècle. Elle fournit des indicateurs systématiques pour les 20 premiers producteurs de publications au monde et des informations spécifiques pour certains pays émergents. Elle analyse la distribution des publications par discipline et souligne la progression des co-publications nationales et internationales. Les indicateurs bibliométriques sont complétés par une analyse portant sur les prix Nobel et leur mobilité internationale en cours de carrière.

La troisième partie analyse en détail le positionnement scientifique de la France et son évolution depuis le début du siècle. Le référentiel de comparaison n'est plus constitué des 20 premiers pays producteurs de publications, mais est adapté pour se concentrer sur des pays avec lesquels la France peut souhaiter se comparer plus particulièrement pour différentes raisons. Le *Référentiel France** comprend l'Allemagne, la Corée du Sud, l'Espagne, les États-Unis, l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suède.

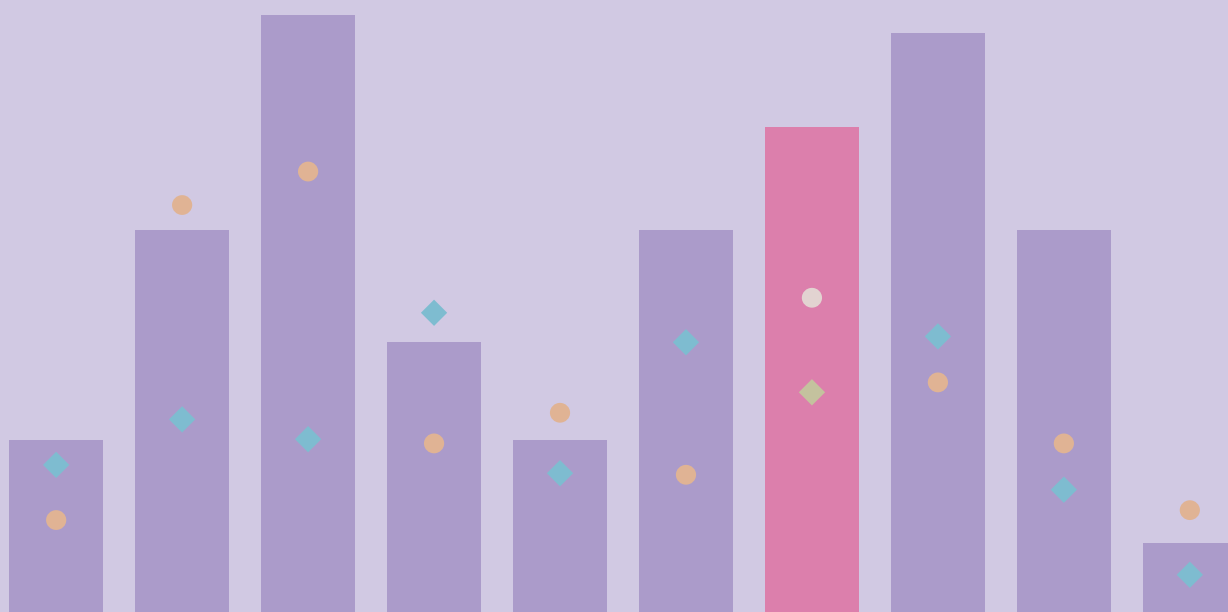
La quatrième partie étudie le cas des mathématiques qui est la discipline dans laquelle la production scientifique française est la plus spécialisée. Le référentiel de comparaison est à nouveau adapté pour analyser les pays qui sont les premiers producteurs de publications en mathématiques ou les plus spécialisés dans cette discipline. Font ainsi partie du référentiel pour cette partie, la Russie, l'Iran ou encore Israël. Afin de fournir différentes perspectives sur la discipline, trois corpus de publications sont successivement analysés. Le premier est celui des revues que la nomenclature de la base OST identifie comme constituant la discipline mathématique, en cohérence avec les premières parties du rapport. L'analyse détaille les quatre domaines de recherche de la discipline dans la nomenclature de la base de données : Mathématiques fondamentales, Mathématiques appliquées, Statistique & Probabilités et Mathématiques pour des applications interdisciplinaires. Le deuxième corpus est celui des articles parus dans les revues considérées comme les meilleures par la *Australian Mathematical Society*. Le troisième corpus est constitué des publications parues entre 2000 et 2015 des lauréats de la médaille Fields ou des prix Abel, Gauss et Wolff en mathématiques.

Chacune des parties présente des résultats qui constituent des confirmations concernant la spécialisation ou les performances de différents pays. Le rapport apporte aussi des résultats plus nouveaux qui ne peuvent pas être systématiquement approfondis. Dans ces cas, il ouvre des pistes d'analyse qui pourraient être explorées dans des travaux futurs. La conclusion revient sur les principaux résultats et certaines pistes d'approfondissement.

1. La première fois qu'un terme du glossaire est utilisé dans le texte, il est suivi d'un astérisque.

1

Repères statistiques et choix d'indicateurs



Cette première partie fournit tout d'abord quelques repères statistiques pour situer les pays les uns par rapport aux autres, au-delà de la production de publications scientifiques. Ces indicateurs permettent de rappeler l'importance de distinguer dans les comparaisons internationales les indicateurs de volume des indicateurs d'intensité. Les premiers permettent de comparer les poids des pays pour telle ou telle grandeur statistique, alors que les seconds sont utilisés pour comparer l'intensité ou la qualité d'une variable.

Le tableau 1 compare les pays en utilisant les deux types d'indicateurs. La population constitue une variable essentielle de la taille d'un pays, comme sa production. Les deux pays du monde les plus peuplés, la Chine et l'Inde, ont des poids démographiques proches (18 %), alors que le troisième, les États-Unis a une population quatre fois moins nombreuse. La situation est très différente concernant le poids économique de ces pays. En dollars aux taux de change officiels, les États-Unis restent la première puissance avec 24 % de la production mondiale, contre 15 % pour la Chine et 5 % pour l'Inde. Cependant, avec un taux de conversion qui tient compte du fait que les services sont relativement moins coûteux pour les habitants des pays émergents², la Chine a un poids économique équivalent à celui des États-Unis et la part de l'Inde dans la production mondiale augmente à 7 %. La France représente 0,9 % de la population mondiale, 3,3 % de la production en dollars et 2,4 % en parité de pouvoir d'achat (PPA*).

Les grands pays par la taille de la population ou le poids économique ne sont pas nécessairement les plus productifs. Les États-Unis sont au 10^e rang pour la production par habitant, l'Allemagne au 15^e et

Tableau 1. Poids et rangs des premiers pays producteurs de publications scientifiques pour différentes variables démographiques, économiques et scientifiques, 2015

Part mondiale ou indicateur indépendant de la taille ^a	États-Unis		Chine		Japon		Allemagne		Royaume-Uni	
	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial
Démographie										
Part de la population (%)	4,3	3	18,5	1	1,7	10	1,1	16	0,9	22
Économie et développement										
Part du PIB (\$, %)	24,2	1	14,8	2	5,9	3	4,5	4	3,8	5
Part du PIB (PPA, %)	15,6	2	17,2	1	4,5	4	3,4	5	2,4	10
PIB / hab. (PPA, 000 \$)	56,2	10	14,4	79	40,7	26	48,0	15	41,8	24
Dépenses de recherche										
Part DIRDA* (PPA, %)	25,0	1	16,6	2	6,4	3	6,4	4	2,8	9
DIRDA / PIB (%)	0,8	16	0,5	40	0,7	20	0,9	5	0,6	32
Publications scientifiques										
Part des publications 2015	20,0	1	16,6	2	4,1	5	4,7	4	4,7	3
Part des citations à 3 ans*	27,1	1	13,0	2	3,5	6	5,4	4	6,3	3
Part des publications les plus citées	34,5	1	13,3	2	2,2	11	5,4	4	7,1	3
Indice d'impact^c	1,3	3	0,9	18	0,8	20	1,11	10	1,26	5
Activité dans le centile le plus cité*	1,6	2	0,9	13	0,5	21	1,12	8	1,42	5
Prix Nobel^d										
Part des prix Nobel, 1994-2017	58,4	1	0,6	12	6,7	3	3,6	5	11,5	2
Prix Nobel 1994-2017 / 100 000 chercheurs	9,3	1	0,1	17	1,9	15	2,2	14	8,4	2

a. Les lignes correspondant aux indicateurs indépendants de la taille sont en mauve. | b. Année la plus récente : 2014. | c. Indice d'impact normalisé (IND) des publications 2013 ; les rangs sont fournis sur les pays ayant plus de 10 000 publications, ce qui élimine par exemple Singapour ou l'Autriche. | d. Physique, chimie et médecine/physiologie (voir la partie 2.4.3. pour la méthode).

2. En parité de pouvoir d'achat (PPA*).

la France au 25^e (tableau 1). Les grands pays émergents, mais aussi la Russie, sont beaucoup plus loin dans le classement sur cet indicateur. À l'inverse, les petits pays du Nord de l'Europe ont une production par habitant élevée.

Le contraste entre indicateurs de volume et d'intensité est similaire dans le domaine scientifique.

Les États-Unis sont le pays qui consacre le plus de ressources à la recherche académique, mesurée dans le tableau 1 par les dépenses consacrées à la R&D à but non lucratif. La Chine est le 2^e pays consacrant le plus de ressources à la recherche académique et le Japon le 3^e. Le rang des pays est différent pour l'intensité des ressources consacrées à la recherche académique, c'est-à-dire la part de ces dépenses dans la production nationale. Les États-Unis ne sont qu'en 16^e position, le Japon en 20^e et la Chine en 40^e position pour cet indicateur d'intensité ou d'effort national. La France, qui est le 6^e pays consacrant le plus de ressources à la recherche académique, est en 18^e position pour la part de ces ressources dans la production nationale. La Corée du Sud est en 4^e position pour cet indicateur et l'Allemagne en 5^e position. En part de la production nationale, l'effort de la France est ainsi un peu inférieur à celui des États-Unis (0,78 % et 0,80 %), alors que celui de l'Allemagne est un peu inférieur à celui de la Corée du Sud (0,95 % et 0,93 %). L'intensité en recherche académique est deux fois plus faible en Chine et en Inde. À l'inverse, elle est plus élevée dans les pays d'Europe du Nord. Dans les trois pays où l'intensité en recherche académique est la plus élevée, le Danemark, la Suède et la Finlande, elle dépasse 0,95 % du PIB³. En Suisse, en Autriche et aux Pays-Bas, elle est proche de 0,90 %.

France		Inde		Italie		Canada		Corée du Sud		Russie		Pays-Bas		Suède	
Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial	Valeur	Rang mondial
0,9	21	17,8	2	0,8	23	0,5	38	0,7	27	1,9	9	0,2	65	0,1	89
3,3	6	2,8	7	2,4	8	2,1	10	1,9	11	1,8	12	1,0	18	0,7	22
2,4	9	7,0	3	2,0	11	1,4	17	1,5	14	3,0	6	0,7	26	0,4	39
41,2	25	6,1	121	37,3	28	44,2	21	34,4	32	23,2	51	50,9	12	49,2	16
3,7	6	5,0	5	2,4	10	2,3 ^b	11	2,9	7	2,9	8	1,3	16	0,8	20
0,8	18	0,4	54	0,6	29	0,8	14	1,0	4	0,4	43	0,9	9	1,0	2
3,2	7	3,6	6	3,2	8	2,9	10	3	9	2,0	14	2,6	17	1,7	21
3,6	5	2,3	12	3,4	7	3,4	8	2,5	11	0,7	23	2,1	13	1,2	18
3,5	5	1,4	14	2,8	8	3,3	7	1,8	12	0,3	35	2,3	9	1,0	17
1,06	11	0,70	21	1,06	12	1,13	9	0,88	16	0,43	27	1,32	2	1,18	8
1,02	11	0,42	22	0,87	12	1,10	9	0,64	18	0,17	26	1,45	4	1,04	10
4,5	4	0	-	0	-	1,1	10	0	-	1,7	8	1,7	8	1,1	10
3,8	9	0	-	0	-	1,5	15	0	-	0,6	16	5,6	7	3,8	8

3. Les chiffres cités pour des pays ne figurant pas dans le tableau 1 sont issus des mêmes sources.

Globalement, les pays à hauts revenus sont des pays intensifs en recherche académique, même s'il existe des variations sensibles entre eux. Ainsi, au sein des pays à hauts revenus, l'Italie et le Royaume-Uni ont-ils une intensité en recherche académique relativement faible (0,6 %).

Pour les résultats de la recherche, les indicateurs de volume et de qualité ne donnent pas les mêmes classements des pays.

En 2015, les États-Unis, la Chine et le Royaume-Uni sont respectivement les 1^{er}, 2^e et 3^e producteurs mondiaux de publications scientifiques, comme des publications les plus citées. La France est le 7^e plus grand producteur de publications, derrière l'Inde, le Japon et l'Allemagne. Elle est cependant en 5^e position pour les citations*, ce qui s'explique par un meilleur impact de ses publications que l'Inde et le Japon. L'impact des publications est défini par le nombre de citations par publication, normalisé par la moyenne mondiale pour les publications du même domaine de recherche⁴. Les États-Unis sont au 2^e rang mondial pour l'impact de leurs publications, mais la Chine n'est qu'au 18^e rang. L'Allemagne est au 10^e rang et la France au 11^e avec un indicateur équivalent à celui de l'Italie. Plusieurs pays européens sont aux premiers rangs pour l'impact académique de leurs publications, notamment le Danemark, les Pays-Bas et le Royaume-Uni.

Comme pour le nombre de publications et de citations, les États-Unis sont le 1^{er} pays pour le nombre de lauréats du prix Nobel au cours du dernier quart de siècle. La position de la Chine est, elle, radicalement différente, puisque seule une Chinoise a été lauréate du prix Nobel de médecine, en 2015. Cette position beaucoup moins favorable pour la part des prix Nobel que pour la part des publications mondiales peut s'expliquer par l'émergence récente de la Chine comme grand pays scientifique. La qualité de sa production s'améliore, mais le prix Nobel étant souvent décerné aux chercheurs à un âge avancé, la Chine ne dispose sans doute pas encore d'un vivier suffisant. La Corée du Sud, qui n'a pas encore reçu de prix Nobel, est en outre défavorisée par la petite taille de sa population.

Le 2^e pays pour le nombre de prix Nobel depuis 1994 est le Royaume-Uni, suivi du Japon et de la France. À nouveau, les positions sont différentes pour l'indicateur d'intensité qu'est en l'occurrence le nombre de prix Nobel en proportion du nombre de chercheurs. Les États-Unis et le Royaume-Uni restent respectivement 1^{er} et 2^e pour cet indicateur. Mais des petits pays n'ayant que quelques lauréats ont des performances très favorables : Norvège, Israël, Suisse, Pays-Bas et Suède sont classés respectivement du 3^e au 5^e rang, puis 7^e et 8^e. La France est au 9^e rang pour cet indicateur.

Le tableau 1 souligne ainsi que les indicateurs de poids international d'un pays dépendent de sa taille, que ce soit pour des variables démographiques, économiques ou scientifiques. Les indicateurs d'intensité ou de qualité sont eux indépendants de la taille d'un pays. Ce rapport utilise les deux types d'indicateurs pour caractériser la production scientifique de la France. Le tableau 2 distingue ces deux types pour une liste d'indicateurs utilisés dans ce rapport et qui sont définis dans l'annexe consacrée à la méthodologie.

Tableau 2. Principaux indicateurs déclinés à différents grains dans le rapport, par type

Indicateurs dépendant de la taille du pays	Indicateurs indépendants de la taille du pays
Nombre de publications	Taux de co-publications ou de co-publications internationales
Part mondiale de publications	Nombre d'auteurs par publication
Nombre ou part mondiale de citations	Indice de spécialisation par discipline
Part des publications les plus citées au monde	Impact moyen normalisé des publications
Nombre ou part mondiale de prix scientifiques internationaux	Indice d'activité dans une classe de citation (par ex. les 1 % des publications les plus citées)

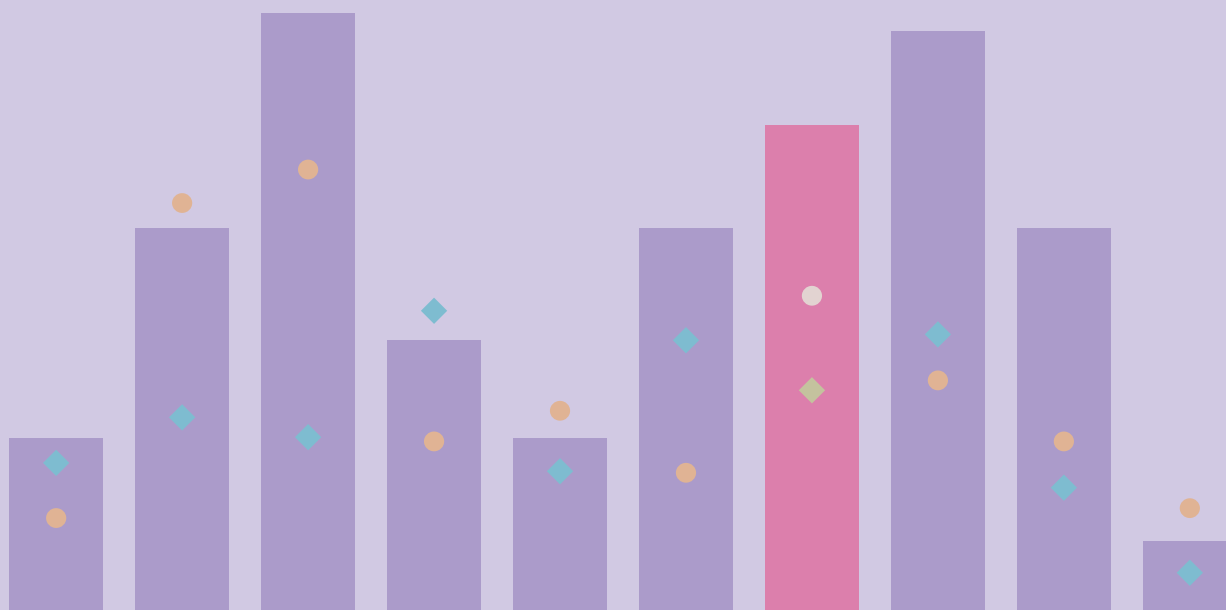
4. Pour la définition de l'impact normalisé par domaine (IND), voir l'annexe méthodologique.

2 Évolution de la production scientifique dans le monde, 2000-15

2.1. Évolution du nombre de publications dans le monde depuis 2000	22
2.2. Évolution des publications mondiales par discipline	27
2.3. Co-publications nationales et internationales	29
2.4. Impact scientifique des principaux pays producteurs de publications	31

Encadrés : Influence de la dynamique de la Chine

1 - Parts des publications mondiales	26
2 - Profil disciplinaire des publications	28
3 - Impact scientifique des publications	32

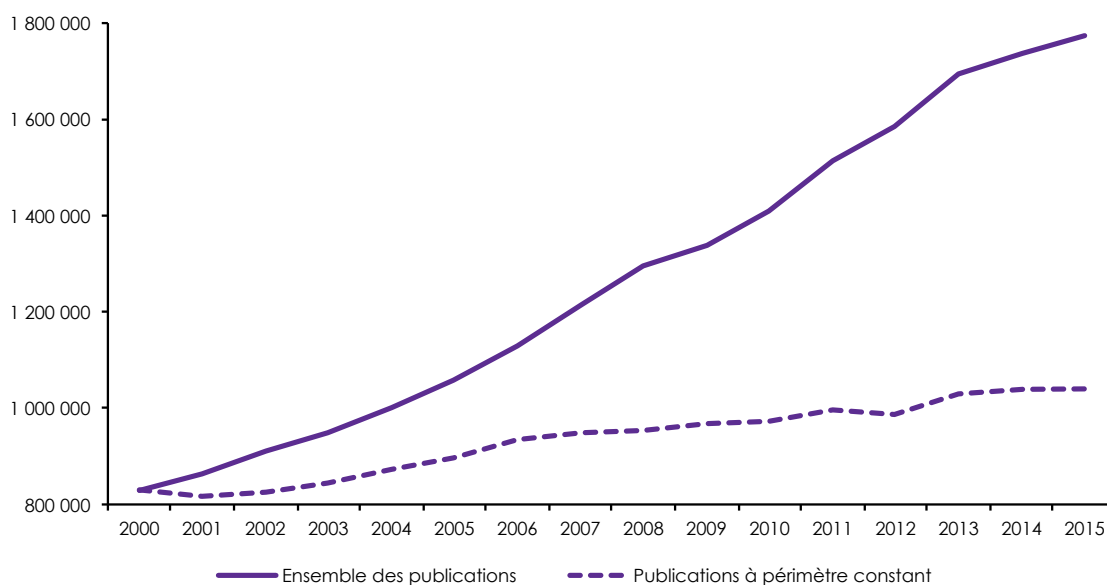


Depuis le début du 21^e siècle, le volume de publications scientifiques a plus que doublé et le classement des 20 premiers pays producteurs a été bouleversé. Au-delà du volume de production, différents pays émergents ont connu une dynamique qualitative forte. La distribution des publications mondiales par discipline a aussi sensiblement évolué. La part des co-publications a continué à croître et le nombre d'auteurs est élevé dans certaines disciplines. Ces grandes tendances mondiales sont analysées à travers une série d'indicateurs bibliométriques qui permettent de caractériser la production de publications scientifiques par pays et par grande discipline. L'utilisation d'indicateurs bibliométriques est complétée par une analyse de la mobilité internationale des lauréats des prix Nobel.

2.1. Évolution du nombre de publications dans le monde depuis 2000

Depuis le début du siècle, le nombre total de publications a été multiplié par plus de 2 et atteint près de 1,8 millions en 2015. Le graphique 1 montre que le nombre de publications paraissant dans les revues ou actes de colloques recensés en 2000 n'a augmenté que de 25 %. Il atteint un peu plus d'un million en 2015. Les revues existantes ont ainsi eu tendance à publier un plus grand nombre d'articles* depuis le début des années 2000. Mais la majeure partie de l'augmentation du nombre de publications constatée à l'échelle mondiale est due à l'élargissement de la base d'observation avec l'intégration de revues et actes de colloques supplémentaires par le Web of Science.

Graphique 1. Nombre de publications mondiales : total et à périmètre de revues fixe, 2000-15



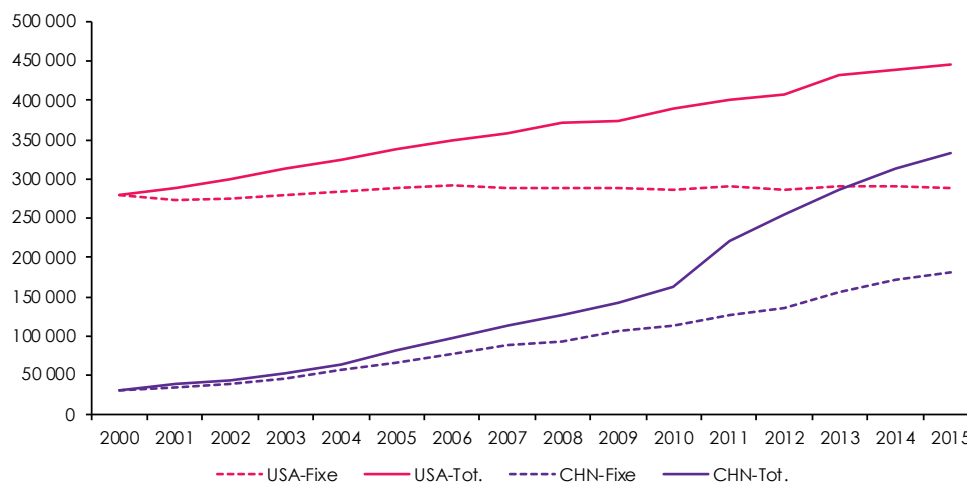
www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-1

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

L'intégration de nouvelles revues correspond à deux types d'évolutions. Premièrement, la base Web of Science intègre des revues existantes après un processus de sélection de façon à mieux couvrir la production scientifique mondiale. Des revues allemandes, espagnoles ou chinoises peuvent ainsi être intégrées pour mieux refléter les productions des communautés nationales. Deuxièmement, de nouvelles revues naissent de l'émergence de nouvelles thématiques scientifiques comme par exemple le réchauffement climatique ou les énergies vertes. Le processus est le même pour les actes de colloques ou encore des chapitres d'ouvrages collectifs qui sont traités comme des articles. La base comptait ainsi un peu plus de 9 200 revues en 2007, près de 12 500 en 2012 et 13 000 en 2015.

Au niveau national, la distinction entre l'évolution des publications selon que leur support est nouveau ou pas donne un résultat similaire pour les États-Unis et les grands pays européens (graphiques 2a et 2b). Le nombre de publications à périmètre de revues fixe progresse de 3 % aux États-Unis et au Royaume-Uni, de près de 8 % en France et de près de 10 % en Allemagne. Le nombre total de publications progresse en revanche de 60 % (États-Unis, Royaume-Uni, France) à 70 % (Allemagne). La progression observée au total résulte donc essentiellement des nouvelles revues indexées dans la base de données.

Graphique 2a. Nombre de publications^a : total et à périmètre de revues fixe, États-Unis et Chine, 2000-15

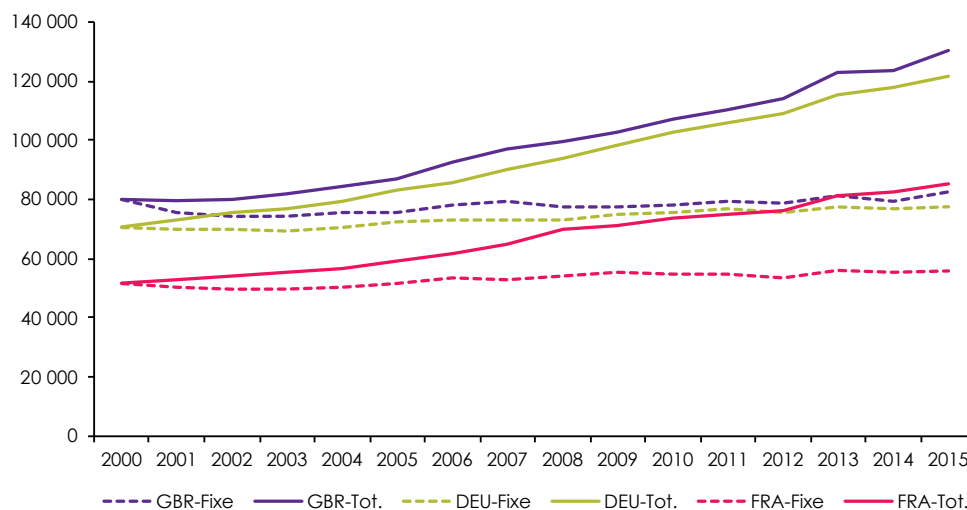


a. Compte entier

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-2a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 2b. Nombre de publications^a : total et à périmètre de revues fixe, Allemagne, France, Royaume-Uni, 2000-15



a. Compte entier

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-2b

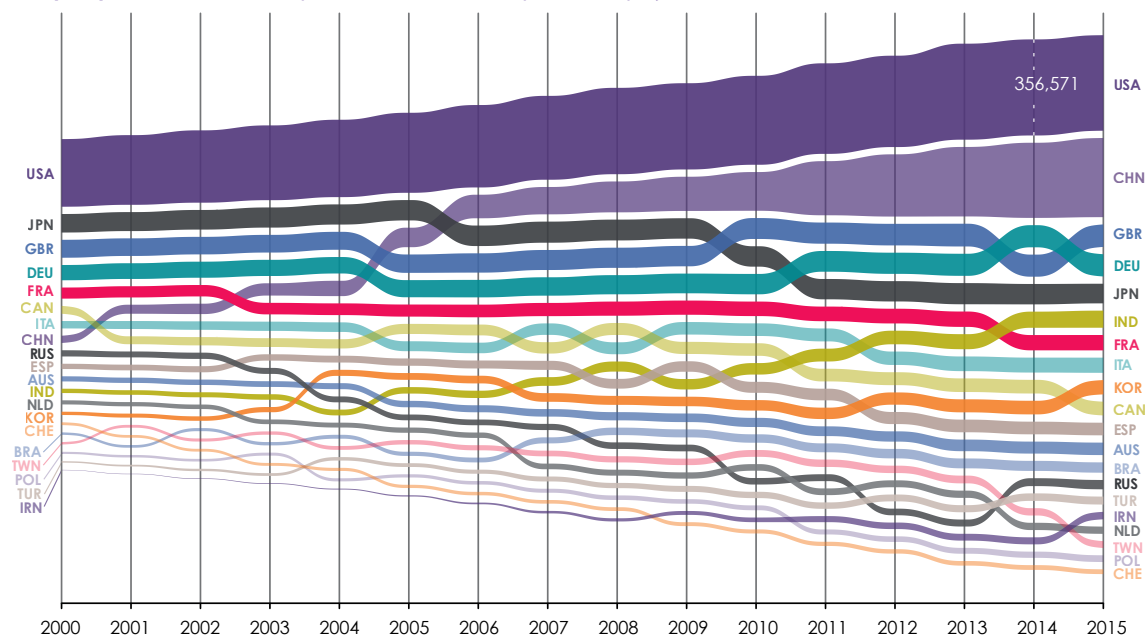
Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le contraste est net avec le profil de l'évolution des publications de la Chine. En effet, si le nombre total de publications chinoises est multiplié par près de 10 sur la période, les seules publications dans les revues existantes en 2000 sont 6 fois plus nombreuses. Dans le cas de la Chine, la progression du nombre de publications constatée est due pour plus de la moitié à des contributions dans des revues ou actes de

colloques déjà recensées dans la base. Les chercheurs chinois ont ainsi réussi à publier dans des revues déjà référencées⁵. Ils ont donc rapidement surmonté le handicap que peut représenter le fait d'être scientifique dans un pays émergent non anglophone. Depuis le milieu des années 2000, les chercheurs chinois ont sensiblement accru leur propension à publier en anglais (Wang 2016). Les co-publications internationales ont été un des canaux d'accès à des revues internationales, même si cela n'a pas été en majorité les plus prestigieuses⁶. Le graphique 2a indique cependant, que l'augmentation du nombre de publications chinoises due à l'évolution du périmètre a été forte après 2010.

Le graphique 3 souligne que comme le total mondial, le nombre de publications des 20 premiers pays producteurs a sensiblement augmenté de 2000 à 2015. Sur la période, tous les pays ont enregistré une croissance, mais la dynamique est très contrastée selon les pays, avec des conséquences sur leur position relative.

Graphique 3. Nombre de publications des 20 premiers pays, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-3

Source : Base OST-WoS, calculs OST

Depuis le début du siècle, trois pays historiquement intensifs en recherche ont conservé leur rang : les États-Unis (1), le Royaume-Uni (3) et l'Allemagne (4). Certains pays émergents ont connu une forte croissance de leur production scientifique et ont progressé vers les premiers rangs mondiaux pour le nombre de publications. C'est d'abord le cas de la Chine qui est passée du 8^e rang mondial au 2^e. L'Inde a connu une progression équivalente, passant du 12^e au 6^e. La Corée du Sud et l'Iran ont progressé respectivement du 13^e rang au 9^e et du 20^e au 16^e.

Symétriquement, malgré la croissance de leur volume de publications, de nombreux pays intensifs en recherche ont été dépassés par des pays émergents. La production scientifique chinoise a dépassé celle de l'Italie et du Canada dès 2001, puis de la France en 2003, de l'Allemagne et du Royaume-Uni en 2005 et du Japon en 2010. La production indienne a augmenté plus progressivement à partir de 2005 pour dépasser celle de l'Espagne (2009), du Canada (2011), de l'Italie (2012) et de la France (2014). Sur la période, le Japon est passé du 2^e rang au 5^e, la France du 5^e au 7^e et le Canada du 6^e au 10^e. Malgré une solide croissance du nombre de ses publications, l'Espagne passe du 10^e rang au 11^e. En 2000, le 20^e pays publiant le plus au monde était l'Iran, alors qu'en 2015 c'est la Suisse qui a perdu 6 places sur la période tandis que l'Iran en gagnait 4.

5. Notons que la périodicité des revues peut également jouer un rôle, une revue semestrielle devenant trimestrielle par exemple.

6. Pour la physique, voir Zhou et Lv (2015) et pour les mathématiques, Zhou et Tian (2014).

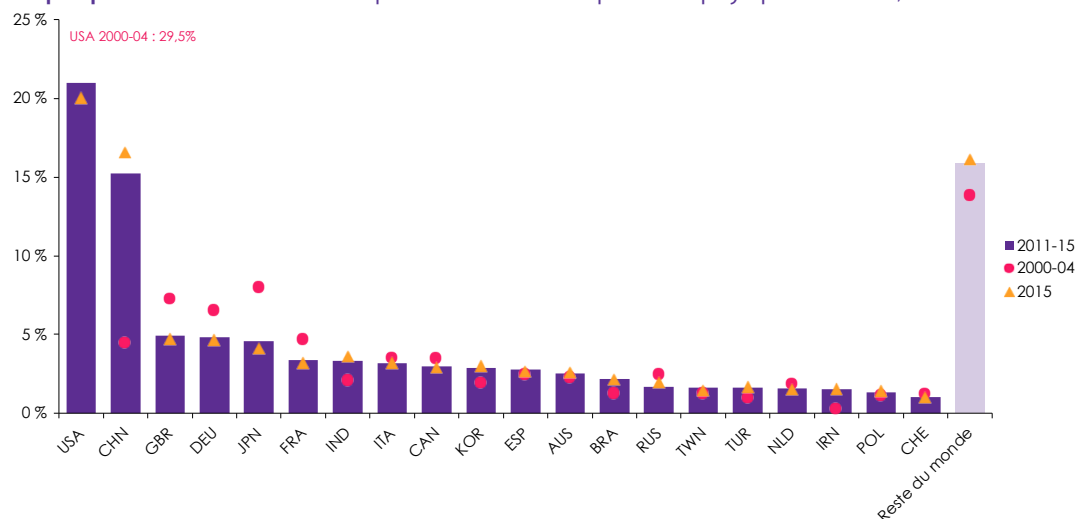
La Russie a connu une évolution singulière. Le nombre de ses publications a très peu évolué de 2000 jusqu'au début des années 2010 et elle est passée du 9^e rang mondial au 17^e en 2013. Depuis, l'augmentation de sa production a fait passer la Russie au 14^e rang, devant les Pays-Bas, Taïwan et la Turquie.

Le graphique 4a fournit une image complémentaire de l'évolution de la distribution des publications scientifiques. Entre la première moitié des années 2000 et la première moitié des années 2010, les parts des États-Unis et de la Chine se sont nettement rapprochées, avec respectivement 20 et 17 % en 2015. Ce rapprochement concerne plus généralement les pays intensifs en recherche d'une part et les pays émergents d'autre part. L'évolution des rangs pour le volume de production illustrée par le graphique 3 correspond à une évolution des parts mondiales. Les 20 premiers pays publient une part déclinante du total mondial, la part des publications issues du reste du monde passant de 14 % dans les premières années du siècle à 16 % en 2015.

Le graphique 4b indique que les pays qui produisent entre 1 % et 0,5 % du total des publications scientifiques mondiales sont souvent de petits pays européens historiquement intensifs en recherche comme la Suède ou la Belgique, des pays européens moins intensifs en recherche comme la Grèce ou la Roumanie, ainsi que des émergents d'Asie (Malaisie), d'Amérique Latine (Mexique) et d'Afrique (Afrique du Sud).

Au total, les graphiques 4a et 4b montrent que les publications scientifiques deviennent moins concentrées à l'échelle mondiale, avec le développement des capacités scientifiques des pays émergents et plus généralement des pays en rattrapage, y compris en Europe.

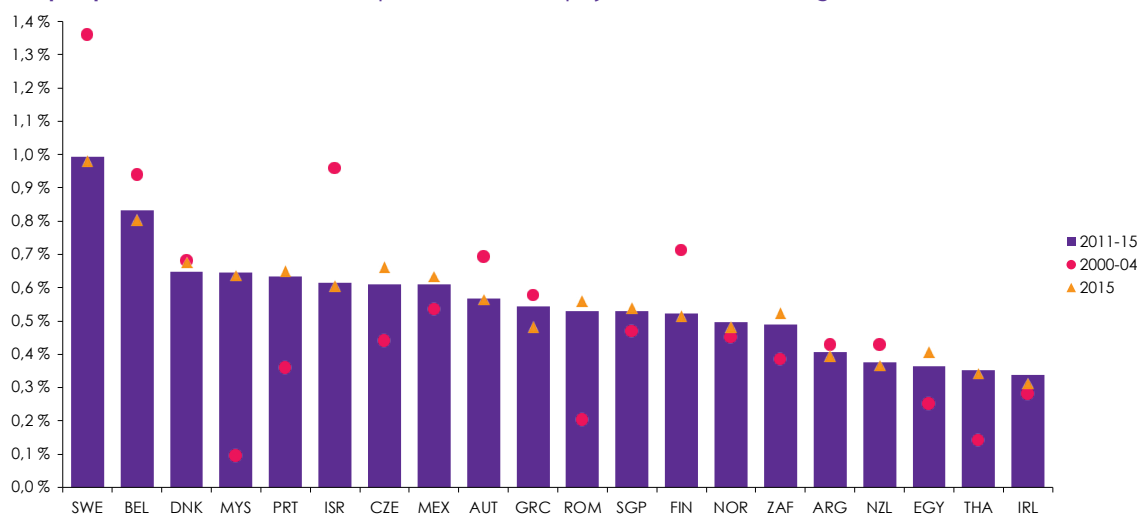
Graphique 4a. Part mondiale de publications des 20 premiers pays producteurs, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-4a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 4b. Part mondiale de publications des pays du 21^e au 40^e rang, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-4b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Encadré 1. Influence de la dynamique de la Chine sur les indicateurs bibliométriques.

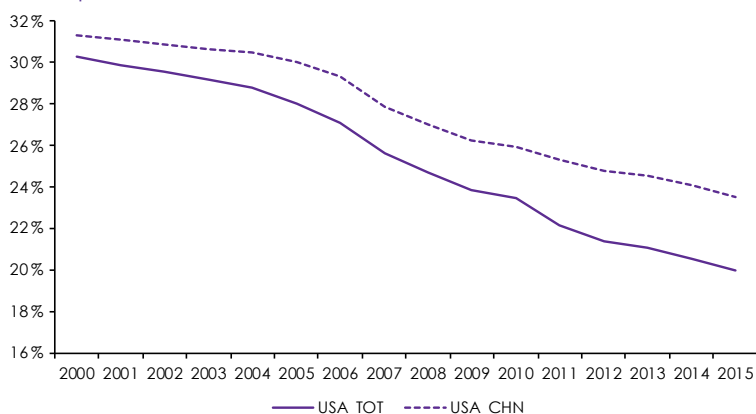
1. Parts des publications mondiales

Afin d'évaluer l'influence de la forte croissance du nombre de publications de la Chine sur différents indicateurs bibliométriques, deux périmètres sont comparés : le périmètre total (TOT) utilisé dans l'ensemble de ce rapport et un périmètre simulé qui exclut les publications chinoises (CHN). Toutes les publications contenant au moins une adresse en Chine sont exclues, y compris les co-publications entre des auteurs localisés en Chine et hors de Chine.

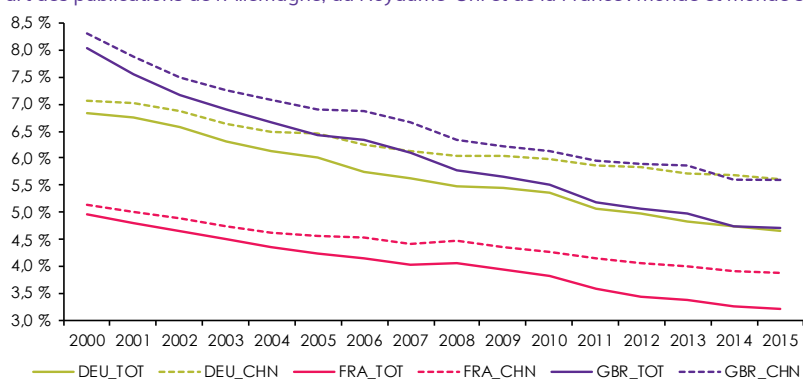
Le périmètre simulé comporte moins de publications et tous les pays enregistrent une augmentation de leur part de publications mondiales « hors Chine ». Les graphiques E1a à E1c montrent que l'écart observé pour tous les pays va croissant, ce qui correspond à la croissance de la production de la Chine depuis 2000. Les États-Unis enregistrent la plus grande augmentation de leur part entre le périmètre total et le périmètre simulé, passant de 1 point en 2000 à près de 4 points en 2015. L'augmentation de la part des pays européens dans un monde sans Chine reste inférieure à 1 point (graphique E1b) ; elle atteint 0,7 point pour la France en 2015. Ces différences peuvent s'expliquer notamment par le poids variable des co-publications avec la Chine.

La part des États-Unis comme des pays européens baisse, même dans le monde sans la Chine, ce qui est dû au fait que la part de pays émergents augmente (graphiques 4a et b). Le graphique E1c illustre les cas de l'Inde, de la Corée du Sud et du Brésil.

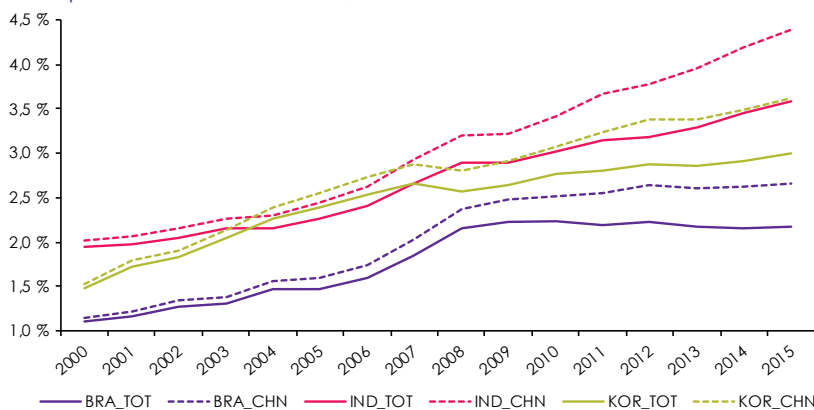
Graphique E1a. Part des publications des États-Unis : monde et monde sans la Chine, 2000-15



Graphique E1b. Part des publications de l'Allemagne, du Royaume-Uni et de la France : monde et monde sans la Chine, 2000-15



Graphique E1c. Part des publications mondiale de l'Inde, de la Corée du Sud et du Brésil : monde et monde sans la Chine, 2000-15

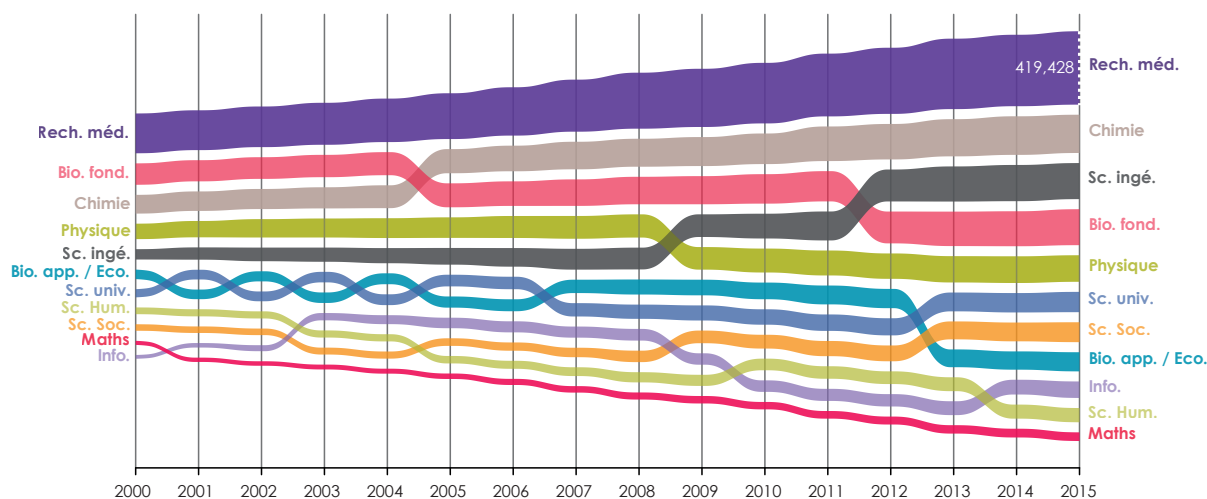


2.2. Évolution des publications mondiales par discipline

Les grandes disciplines scientifiques ont un poids très variable dans le total des publications mondiales. Les écarts sont dus à la combinaison de deux facteurs : d'une part les disciplines bénéficient de ressources et d'effectifs de chercheurs variables et, d'autre part, elles ont des pratiques de publication qui peuvent être très différentes. Elles publient plus ou moins abondamment et la production scientifique prend la forme d'articles dans des revues scientifiques, d'actes de colloques ou d'ouvrages dans des proportions variables. Les contributions scientifiques impliquent aussi un nombre d'auteurs variables selon les disciplines. La classification disciplinaire* utilisée est précisée dans l'annexe méthodologique (A1).

En 2015, la recherche médicale produisait près de 420 000 publications dans le monde, contre 50 000 pour les mathématiques. Le graphique 5a montre que toutes les disciplines ont vu leur production augmenter depuis 2000, mais à des degrés variables, entraînant une évolution de leurs parts dans le total mondial.

Graphique 5a. Nombre de publications dans le monde, par discipline, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-5a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

La recherche médicale reste de loin la discipline qui publie le plus. La biologie fondamentale a été dépassée par la chimie en 2005 et par les sciences pour l'ingénieur en 2012. Le nombre de publications en physique a aussi été dépassé par les publications en sciences pour l'ingénieur en 2009. La physique est ainsi passée de la 4^e à la 5^e position en volume de publications. La biologie appliquée-écologie publie désormais un nombre de publications comparable aux sciences de l'univers et aux sciences sociales, mais ces dernières disciplines ont connu une croissance plus forte.

L'informatique et les sciences humaines ont vu leur position varier en sens inverse au cours des quinze dernières années : l'informatique est passée de la 11^e position pour le volume de publications recensées à la 9^e, alors que les sciences humaines sont passées de la 8^e position à la 10^e.

Le graphique 5b fournit une perspective complémentaire en précisant l'évolution des parts de publications des grandes disciplines entre le début des années 2000 et le milieu des années 2010. Il précise que tout en gardant sa première position, la recherche médicale a vu sa part des publications mondiales diminuer à 24 %. Les sciences pour l'ingénieur et les sciences sociales ont augmenté leur part de près de 50 % chacune, alors que les parts de la biologie fondamentale et de la physique ont diminué.

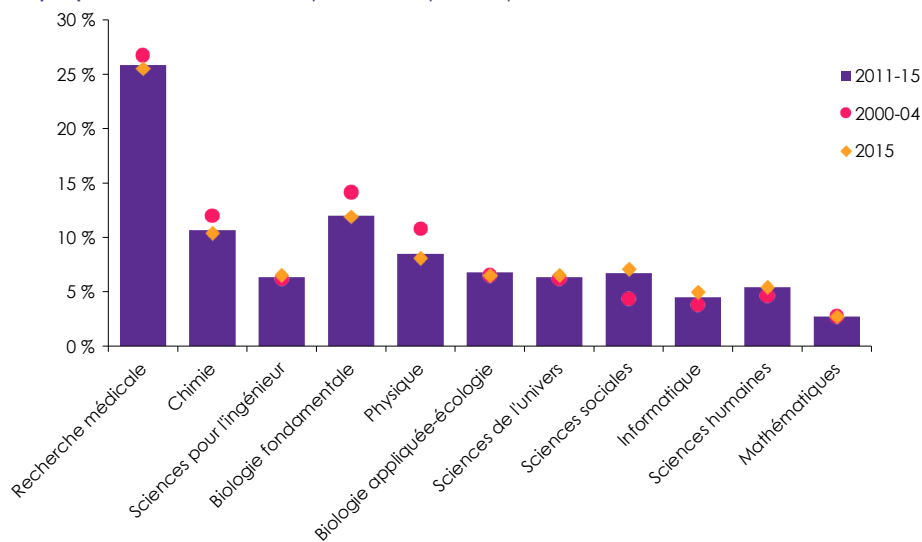
L'encadré 2 montre que l'évolution de la distribution disciplinaire des publications mondiales est influencée par le profil de la Chine du fait de la forte croissance de sa production.

Encadré 2. Influence de la dynamique de la Chine sur les indicateurs bibliométriques. 2. Profil disciplinaire des publications

Dans un monde sans la Chine (voir encadré 1), le profil disciplinaire des publications mondiales serait sensiblement différent. La recherche médicale aurait une part encore plus importante (26 % en 2015 graphique E2a), à l'inverse de la chimie, dont la part baisserait de 13 à 10 %, et des sciences pour l'ingénieur, dont la part baisserait de 12 à 7 %. Dans un monde sans la Chine, la seconde discipline produisant le plus de publications serait la biologie fondamentale, la chimie passant en troisième position. Les 3 premières positions en 2015 seraient ainsi les mêmes qu'en 2000, alors que le dynamisme des publications chinoises a fait passer la chimie et les sciences pour l'ingénieur devant la biologie et la physique.

Ces différences sont dues au profil disciplinaire des publications de la Chine. Le graphique E2b souligne la forte spécialisation de la Chine en chimie et en sciences pour l'ingénieur. L'indice de spécialisation rapporte la part d'une discipline dans le total des publications d'un pays à ce même ratio pour le monde (voir le glossaire et la méthodologie). Il permet de résumer le profil disciplinaire du pays.

Graphique E2a. Distribution des publications par discipline^a : monde sans la Chine, 2000-15

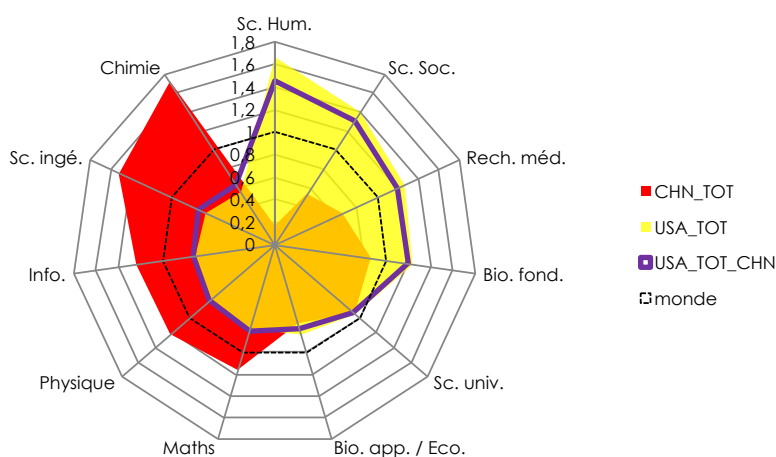


a. Moins de 1 % des publications n'est pas pris en compte ; elles sont en partie identifiées comme multidisciplinaires.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E2a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique E2b. Spécialisation des États-Unis : monde avec et sans la Chine, 2015

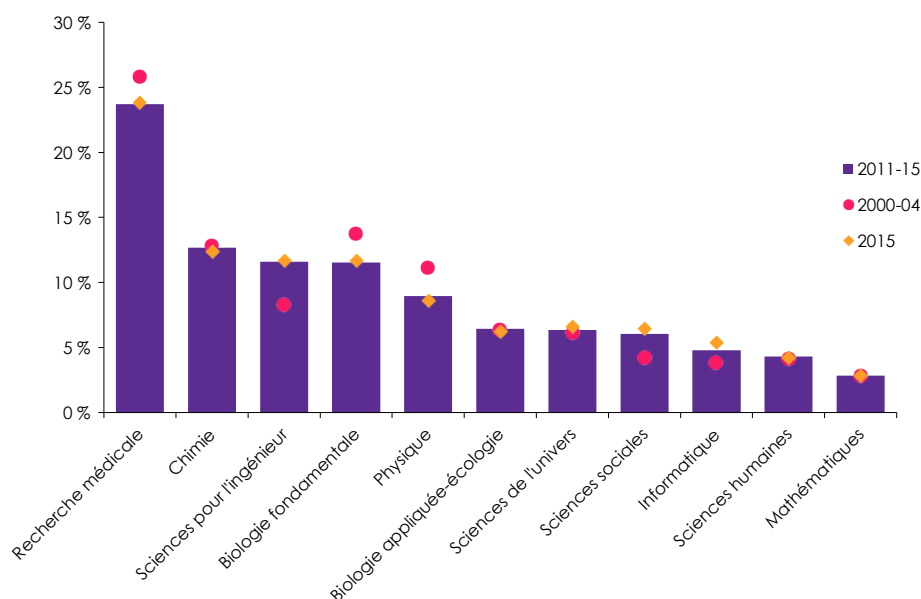


www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E2b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Comme l'indique le graphique E2a, un monde sans la Chine produit sensiblement moins de publications en chimie et en sciences pour l'ingénieur, ce qui tend automatiquement à accroître les indices de spécialisation des autres pays dans ces disciplines. C'est bien ce que souligne le graphique E2b : dans un monde sans la Chine, l'indice de spécialisation des États-Unis est moins faible en chimie et sciences pour l'ingénieur (USA_TOT_CHN). Réciproquement, un monde sans la Chine produirait une part plus importante de publications en sciences humaines et sociales, ainsi qu'en recherche médicale. De ce fait, les États-Unis apparaîtraient moins spécialisés dans ces disciplines.

Graphique 5b. Distribution des publications mondiales par discipline^a, 2000-15



a. Moins de 1 % du total des publications n'est pas attribué à une discipline ; elles sont en partie identifiées comme multidisciplinaires.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-5b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

2.3. Co-publications nationales et internationales

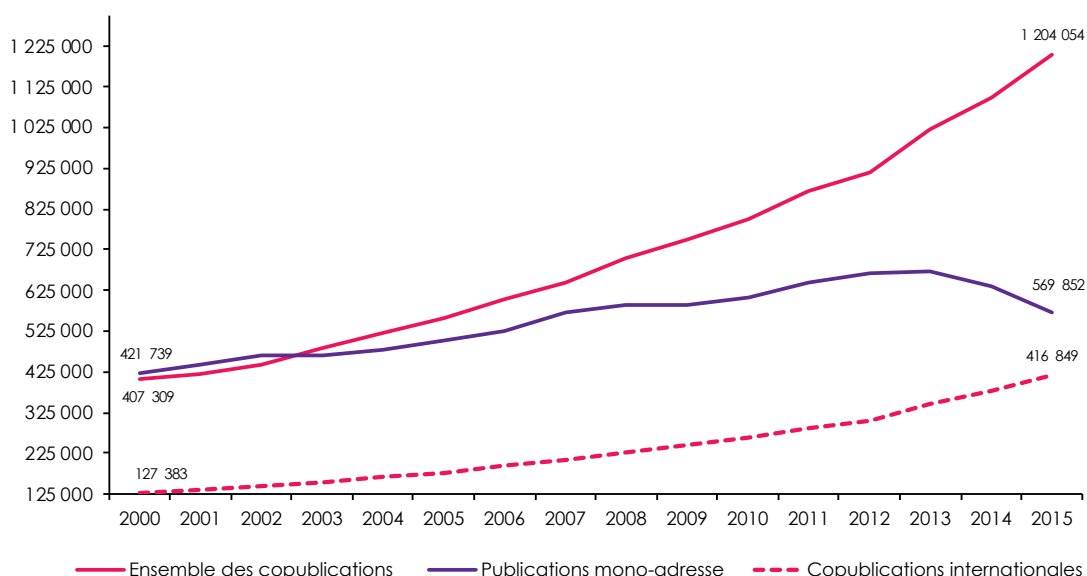
À l'échelle mondiale, le nombre des co-publications entre institutions augmente beaucoup plus vite que les publications signées par une seule institution (graphique 6). Ces dernières ont connu une croissance faible au cours des années 2000, avant de se stabiliser et d'amorcer une baisse en 2014. À l'inverse, de 2000 à 2015, le nombre des co-publications a été multiplié par près de 3 et celui des seules co-publications internationales par plus de 3. La part des co-publications internationales est ainsi passée de 15 % en 2000 à 23 % en 2015⁷. La tendance de long terme à mener des recherches en collaboration entre institutions se poursuit ainsi, à la fois au niveau national (Jones et al. 2008) et international (Narin et Whitlow 1990, Winkler et al. 2015, Jonkers et Wagner 2017, OCDE 2017).

La propension à co-publier tend à augmenter dans toutes les disciplines, mais le nombre moyen d'auteurs varie sensiblement d'une discipline à l'autre. Le tableau 3 indique que le nombre d'auteurs est le plus élevé en physique et tout particulièrement en physique des particules, avec une moyenne mondiale par article respective de 7,3 et 31,8. Cette particularité s'explique par le rôle des grands équipements dans cette discipline et notamment sa branche expérimentale (Pritychenko, 2016). L'organisation de l'accès à ces équipements joue aussi un rôle. Ainsi, le nombre d'auteurs est-il beaucoup plus élevé pour les pays européens comme la France ou le Royaume-Uni que pour les États-Unis. La collaboration internationale dans le cadre du CERN notamment stimule les co-publications signées par de très nombreux auteurs. Ces hyper-collaborations peuvent donner lieu à des publications comportant des milliers d'auteurs⁸.

7. Données des graphiques 1 et 6.

8. Les publications générées par les travaux sur le boson de Higgs par exemple (Castevecchi, 2015).

Graphique 6. Croissance des co-publications nationales et internationales, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-6

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

À l'échelle mondiale, la recherche médicale, la biologie fondamentale et les sciences de l'univers ont un nombre moyen d'auteurs compris entre 5 et 6 (Tableau 3). À nouveau, ce nombre moyen tend à être plus élevé en Europe, notamment en sciences de l'univers. Les autres sciences de la vie et de la matière ont un nombre moyen d'auteurs compris entre 3 et 5. La France tend à avoir un nombre d'auteurs plus élevé que la moyenne mondiale et que la sélection de pays du tableau 3.

Les sciences humaines, les sciences sociales et les mathématiques ont un nombre moyen d'auteurs plus faible, compris entre 2 et 3. En sciences humaines et sociales, le nombre moyen d'auteurs tend aussi à être plus élevé en France, même si c'est dans des proportions moindres. En mathématiques en revanche, il est équivalent à la moyenne mondiale.

Tableau 3. Nombre moyen d'auteurs par discipline, 2000-04 et 2011-15

Disciplines	Monde		États-Unis		Chine		France		Russie		Royaume-Uni	
	2000-04	2011-15	2000-04	2011-15	2000-04	2011-15	2000-04	2011-15	2000-04	2011-15	2000-04	2011-15
Physique, dont	4,5	7,3	6,5	18,1	7,9	17,3	10,0	48,8	10,8	54,0	11,3	52,2
Physique des particules	7,9	31,8	21,1	105,6	25,7	239	35,3	306,6	27,1	294,2	46,5	247,4
Physique générale	5,9	11,3	15,1	44,9	13,9	33,4	21,9	106,5	23,7	90,9	26,9	110,6
Physique nucléaire	5,7	9,3	8,3	22,9	8,5	25,8	12,6	49,7	11,1	43,0	13,7	54,1
Recherche médicale	4,6	5,7	4,4	5,7	5,1	6,7	5,7	7,9	4,8	6,7	4,2	6,1
Biologie fond.	4,4	5,5	4,3	5,7	5,0	6,8	5,6	7,6	4,5	6,0	4,6	6,7
Sc. de l'univers	3,5	5,5	3,8	8,9	4,3	9,1	5,0	20,0	4,1	31,6	4,3	16,7
Chimie	3,8	4,6	3,6	4,6	4,3	4,9	4,5	5,7	4,0	4,6	3,9	5,1
Biologie app./Écologie	3,4	4,5	3,4	4,5	4,1	5,7	4,3	6,3	3,1	4,3	3,6	5,5
Sc. pour l'ingénieur	3,2	3,7	3,2	3,8	3,6	3,9	4,3	4,9	4,5	4,4	3,3	4,1
Informatique	2,7	3,3	2,7	3,5	3,0	3,5	2,9	3,8	2,4	2,9	2,7	3,7
Sc. sociales	2,3	3,0	2,2	3,1	2,9	3,2	3,3	4,2	2,3	3,1	2,1	3,0
Sc. humaines	2,0	2,5	1,9	2,5	2,6	3,8	2,2	3,1	2,3	2,6	1,8	2,4
Mathématiques	2,0	2,3	2,1	2,4	2,1	2,6	2,0	2,5	1,8	1,9	2,2	2,5
Toutes disciplines	3,3	4,3	3,5	5,7	4,1	6,1	4,5	10,4	4,1	11,1	4,0	9,8

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-3

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

2.4. Impact scientifique des principaux pays producteurs de publications

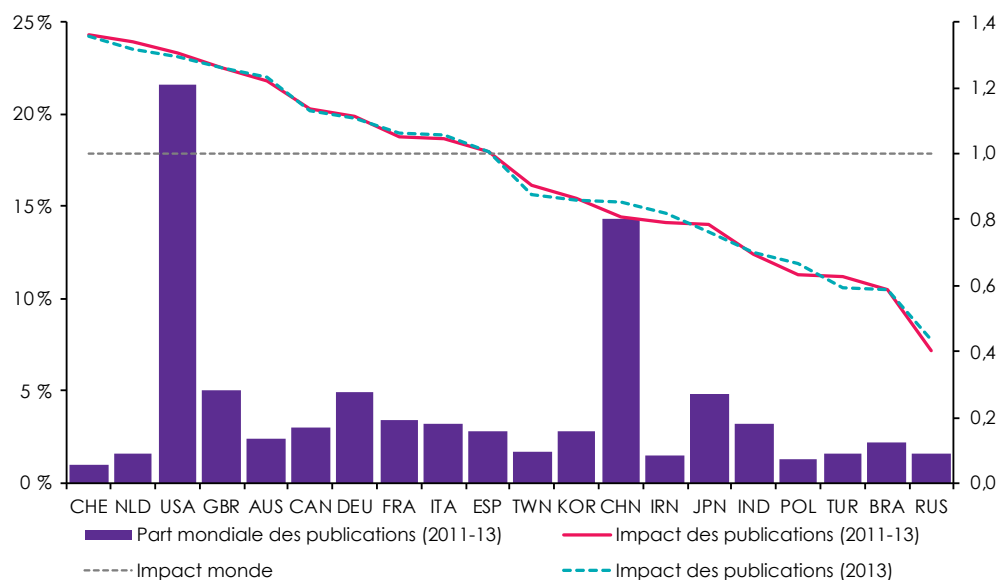
Il a souvent été remarqué, au niveau institutionnel, national ou international, que la distribution statistique des citations des publications scientifiques est très asymétrique. Une proportion importante de publications n'est en fait jamais citée et une petite proportion de publications concentre une grande part des citations⁹. Le constat est similaire lorsque l'analyse est conduite par auteur plutôt qu'au niveau des publications individuelles. Une étude récente rend compte d'une analyse de ce type portant sur la première décennie du siècle (Turner et al. 2016). Pour la période 2000-10, près de 13 millions de publications scientifiques ont été identifiées, correspondant à 9,5 millions d'auteurs distincts¹⁰. Durant cette période, 2 millions d'auteurs, soit 22 %, ont produit 3,5 millions de publications qui n'ont pas été citées pendant les 4 ans correspondant à la fenêtre d'observation utilisée par l'étude. Symétriquement, 261 000 auteurs, soit moins de 3 %, ont produit plus de 80 % des publications faisant partie des 10 % les plus citées.

Le caractère asymétrique de la distribution des citations implique que les comparaisons entre pays doivent combiner la mesure de l'impact scientifique moyen des publications avec des mesures de la propension des pays à produire des publications parmi les plus citées au monde. L'activité dans les classes de publications les plus citées est considérée comme une mesure de l'excellence de la production scientifique.

2.4.1. Impact moyen des publications des principaux producteurs

L'impact moyen est mesuré avec l'indicateur d'impact normalisé par domaine de recherche (IND) afin de neutraliser les effets de la composition des publications nationales sur les citations par publication¹¹. Le graphique 7 fournit l'impact des publications des 20 premiers pays producteurs de publications en 2013. Cet impact est mesuré avec une fenêtre de citation de 3 ans. Le graphique est ordonné suivant l'indice d'impact (échelle de droite), ce qui souligne que celui-ci est indépendant du volume de publications des pays.

Graphique 7. Part mondiale de publications et impact à 3 ans : 20 premiers producteurs, 2013



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-7

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

9. Lois de Lotka et Bradford : 80 % des citations portent sur 20 % des publications, voir De Solla Price (1976).

10. Cette étude utilise la base bibliométrique Scopus*.

11. Voir l'annexe méthodologique pour des précisions.

Encadré 3. Influence de la dynamique de la Chine 3. Impact scientifique des publications

La simulation d'un monde sans la Chine (présentée à l'encadré 1) permet d'apprécier l'influence de la croissance des publications chinoises sur les indicateurs d'impact. Le périmètre simulé exclut non seulement les publications comportant des adresses en Chine, mais aussi les citations qui leur sont associées. Le monde sans la Chine ne comporte donc ni les citations émises par les publications chinoises, ni celles qu'elles ont pu recevoir.

Le graphique E3a montre que dans un monde sans la Chine (TOT_CHN), qui représente un périmètre de publications restreint comportant moins de citants et de cités, le nombre de citations par publication est moindre. Cette baisse ne tient pas à la suppression des publications chinoises dans leur ensemble car, si leur impact a augmenté depuis 2000, il reste inférieur à la moyenne mondiale (0,85, graphique 7). Elle passe par deux canaux complémentaires.

Premièrement, par les co-publications internationales de la Chine. Ces co-publications, bilatérales ou multilatérales, sont absentes du monde sans la Chine, alors que certaines reçoivent un nombre de citations supérieur à la moyenne mondiale (voir l'encadré 4). Elles sont complètement supprimées, alors que dans le calcul des indicateurs pour le monde entier, elles sont comptabilisées de façon fractionnaire pour les pays partenaires. Ainsi, les citations d'une publication comportant une signature d'une université américaine et une signature d'une université chinoise sont-elles attribuées pour 50 % à chacun des pays. Dans le monde sans la Chine, la moitié des citations attribuées aux États-Unis disparaît aussi.

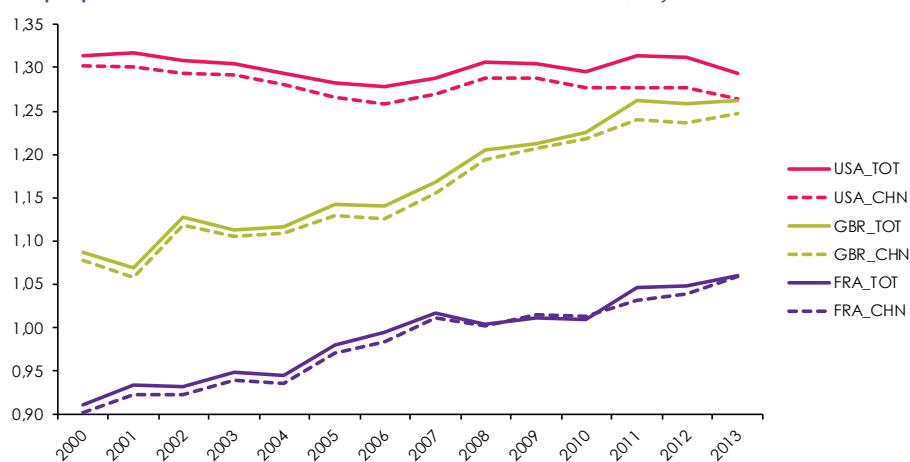
Deuxièmement, la baisse du nombre moyen de citations dans un monde sans la Chine est aussi due au fait que dans cet univers restreint il y a moins de possibilités de citations, et notamment au fait que les références des publications chinoises ont été supprimées. Or les publications chinoises citent des publications d'autres pays.

Dans un monde sans la Chine, le nombre de citations par publication de chaque pays est aussi modifié à travers les deux canaux identifiés au niveau mondial : les co-publications avec la Chine et les citations dans les publications chinoises de publications du pays considéré. A priori donc, la modification de l'impact des publications d'un pays dépendra de l'intensité de ses interactions scientifiques avec la Chine. C'est ce que suggère le graphique E3b : pour les trois pays, l'IND tend à être inférieur dans le monde sans la Chine, mais c'est plus sensible et croissant pour les États-Unis (2,5 % en 2010-14). Notons que la simulation ne modifie ni la dynamique de l'IND de chaque pays, ni la position relative des pays^a.

Graphique E3a. Nombre de citations par publication, moyenne mondiale avec et sans la Chine



Graphique E3b. IND dans un monde avec et sans la Chine : France, Royaume-Uni et États-Unis



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E3a | www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E3b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

a. La simulation a été réalisée pour d'autres pays et le résultat est similaire. Dans un monde sans la Chine, l'impact des publications japonaises serait moindre, mais son niveau et sa tendance décroissante seraient similaires.

Parmi les 20 premiers producteurs, la Suisse est celui dont le nombre moyen de citations par publication est le plus élevé, à plus d'un tiers au-dessus de la moyenne mondiale. D'autres pays produisant des volumes de publications modestes ont des performances élevées en matière d'impact scientifique, comme les Pays-Bas, l'Australie ou le Danemark¹². Les États-Unis, premier pays publiant, a un impact moyen de 30 % supérieur à la moyenne mondiale, alors que la Chine, deuxième producteur, a un impact de 15 % inférieur à la moyenne mondiale. L'impact moyen des publications chinoises est au même niveau que celui des publications de Taiwan, un peu inférieur à celui de la Corée du Sud et un peu supérieur à celui de l'Iran. En 2013, l'impact moyen des publications chinoises a dépassé celui des publications japonaises qui est orienté à la baisse depuis plusieurs années.

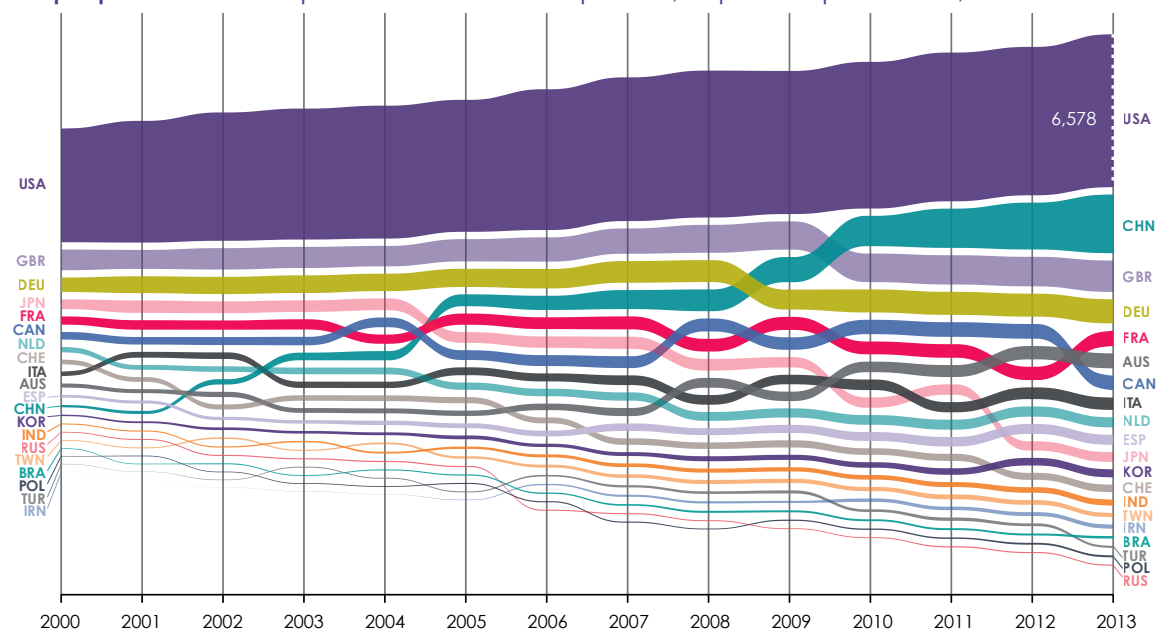
2.4.2. Publications les plus citées : volume et intensité de production

Les publications les plus citées sont utilisées pour construire des indicateurs bibliométriques visant à mesurer l'excellence scientifique. Deux classes de citations sont le plus souvent utilisées : le décile et le centile des publications les plus citées au monde. Ces publications sont identifiées au niveau mondial pour chacun des domaines de recherche ; elles peuvent ensuite être agrégées au niveau d'institutions ou de pays en fonction des adresses des auteurs (voir l'annexe méthodologique). Près de 17 000 publications parues en 2013 constituent le centile des plus citées durant les 3 années suivant leur parution.

Un premier type d'indicateurs concerne le volume de publications d'un pays parmi les plus citées et un second type la part de ces publications dans le total national. Ces deux types d'indicateurs sont présentés successivement.

Le graphique 8 suit l'évolution du volume de production des publications les plus citées au monde des 20 premiers producteurs mondiaux. Comme pour la production totale, en fin de période, les 4 premiers producteurs mondiaux sont les États-Unis, la Chine, le Royaume-Uni et l'Allemagne. La Chine est passée du 12^e au 2^e rang, progressant encore plus pour ces publications fortement citées que pour l'ensemble des publications pour lesquelles elle occupait le 8^e rang (voir le graphique 3). C'est l'inverse pour l'Inde qui reste le 14^e pays produisant le plus de publications parmi le centile le plus cité. La France conserve la 5^e position : elle a été dépassée par la Chine, mais a augmenté sa production de publications fortement citées, contrairement au Japon qui passe du 4^e au 11^e rang. Elle produit un volume de publications fortement citées comparable à celui du Canada et de l'Australie, dont les positions se sont sensiblement renforcées depuis 2000.

Graphique 8. Nombre de publications du centile le plus cité, 20 premiers producteurs, 2000-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-8

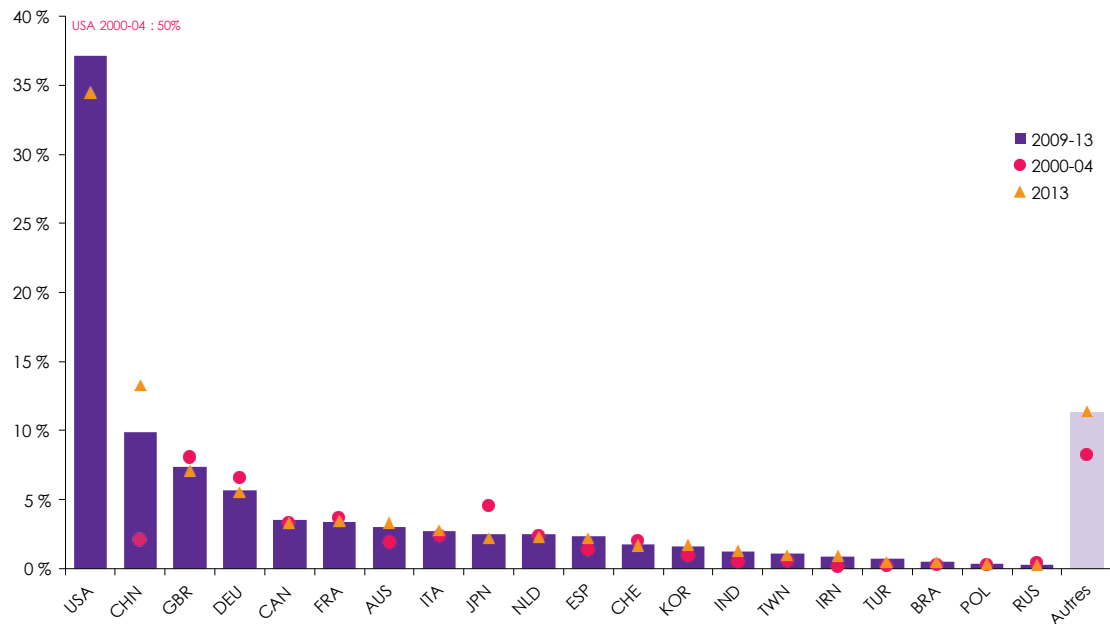
Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

12. Ce dernier n'apparaît pas sur le graphique car c'est le 23^e producteur en volume. Voir le graphique 11b pour un indicateur complémentaire renseigné pour le Danemark.

L'évolution des rangs des pays correspond à la dynamique de leur production de publications fortement citées. Les graphiques 9a et 9b montrent l'évolution de la part des 20 premiers pays producteurs respectivement dans le centile et le décile des publications les plus citées. Ces graphiques confirment la très forte progression de la Chine dans les différentes classes de citation. La part des États-Unis baisse, mais est d'autant plus élevée que les publications considérées sont plus citées. Par exemple, en 2009-13 le pays est à l'origine de 37 % du centile le plus cité, contre 32 % du décile le plus cité et 21 % du total des publications (2011-15, graphique 4a).

Les graphiques 9a et b confirment le recul de la part du Japon dans la production des publications les plus citées. Entre le début du siècle et 2013, il a reculé derrière le Canada, la France, l'Australie, l'Italie et les Pays-Bas pour la part dans le centile le plus cité (graphique 9a). Pour la part dans le décile des publications les plus citées, il reste devant les Pays-Bas, pays beaucoup plus petit (graphique 9b). La part de l'Italie progresse dans les deux classes de citations, alors que celle de la France se tasse. En conséquence, en 2013, les parts de la France, du Canada et de l'Italie dans le décile le plus cité sont proches, entre 3,4 et 3,6 % (graphique 9b).

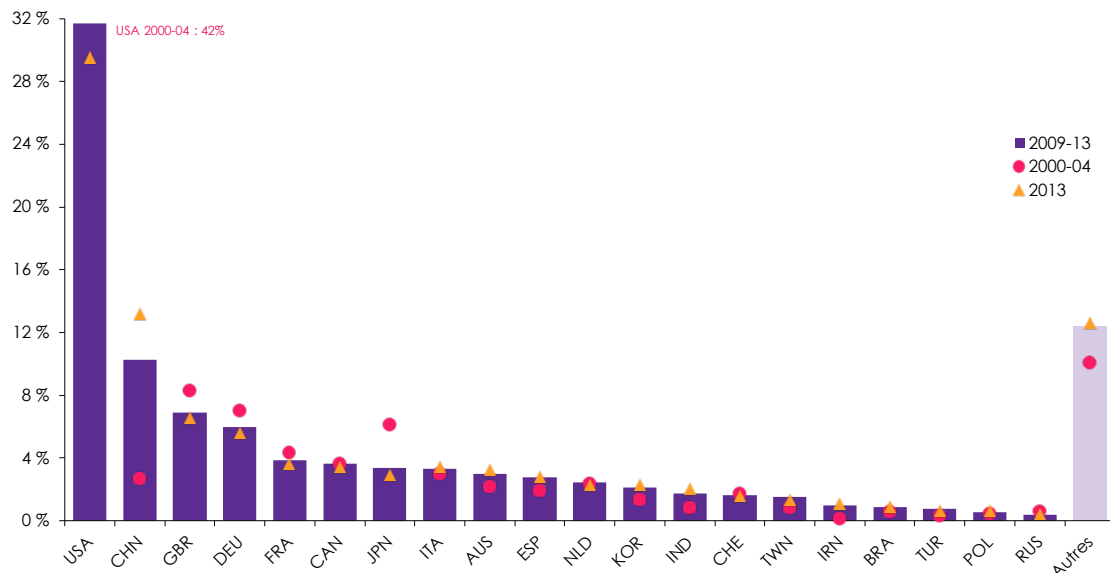
Graphique 9a. Part des 20 premiers producteurs dans le centile des publications le plus cité



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-9a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 9b. Part des 20 premiers producteurs dans le décile des publications le plus cité

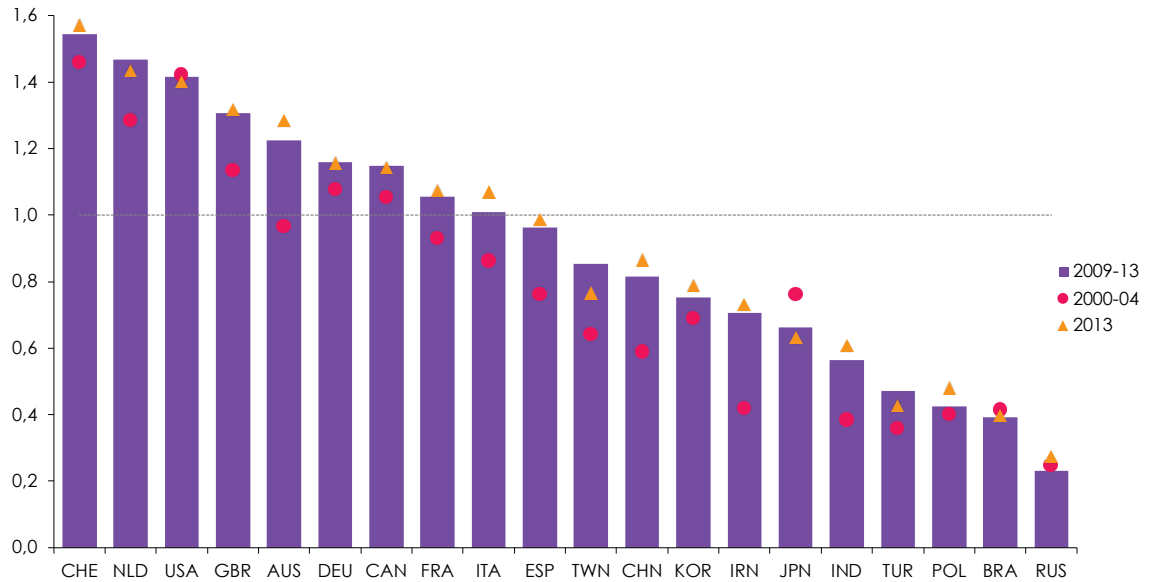


www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-9b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les graphiques 10a et b fournissent non plus un indicateur de volume, mais un indicateur d'intensité de la production de publications fortement citées. L'indice d'activité dans le décile des publications les plus citées par exemple rapporte la part de ces publications dans le total d'un pays à ce même ratio pour le monde. Donc, si un pays a un indice d'activité de 1,3, la proportion de ses publications classées parmi le décile le plus cité est de 30 % supérieure à la moyenne mondiale¹³.

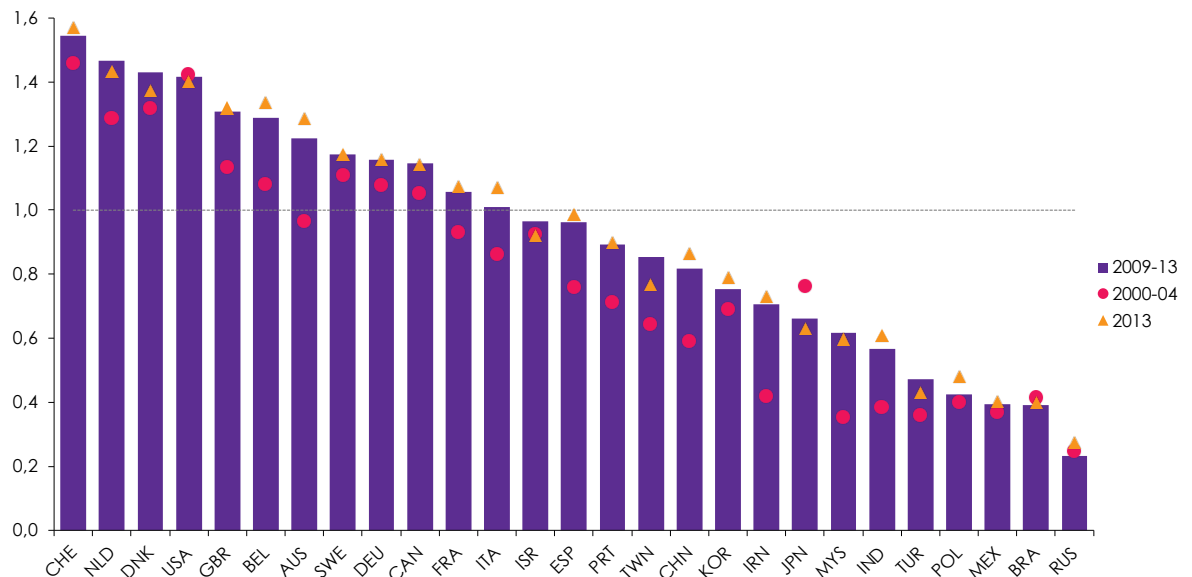
Graphique 10a. Indice d'activité dans le décile des publications le plus cité, 20 premiers producteurs



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-10a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 10b. Indice d'activité dans le décile des publications le plus cité^a:
27 pays ayant les indices les plus élevés



a. Seuls les pays ayant au moins 10 000 publications en 2013 figurent, excluant notamment l'Autriche (qui atteint le seuil en 2015), la Finlande et Singapour.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-10b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

13. L'annexe méthodologique fournit des précisions.

Le rang des 20 premiers producteurs n'est pas le même pour l'indice d'activité (graphique 10a) que pour le volume de publications dans le centile le plus cité (graphique 9a). La Suisse se classe première pour l'indice d'activité et les Pays-Bas sont seconds, devant les États-Unis. L'Australie, qui a fortement progressé, s'intercale entre le Royaume-Uni et l'Allemagne ; le Canada s'intercale entre l'Allemagne et la France. La Chine se classe sensiblement moins bien pour l'indice d'activité, en 12^e position au sein des 20 plus grands producteurs. Sa position a néanmoins fortement progressé depuis le début du siècle : elle était derrière la Corée du Sud et le Japon qu'elle a dépassés dans les années 2010.

La France progresse pour cet indicateur depuis le début du siècle ; son indice d'activité dans le centile le plus cité dépasse désormais la moyenne mondiale. Son rang mondial ne s'améliore cependant pas car différents pays ont enregistré des progrès du même ordre ou plus importants. L'Italie a plus progressé que la France et son indice d'activité dans le centile des publications le plus cité est désormais équivalent à celui de la France¹⁴.

Le graphique 10b renforce le contraste entre volume de production et intensité de production de publications fortement citées. Le Danemark a une performance proche de celle des États-Unis et la Belgique proche de celle du Royaume-Uni. La Suède a un indice d'impact dans le centile des publications le plus cité équivalent à celui de l'Allemagne. La France est ainsi en 11^e position, alors qu'elle était en 8^e position parmi les 20 premiers producteurs (graphique 10a).

2.4.3. Distribution nationale et mobilité internationale des lauréats du prix Nobel

Les indicateurs d'impact des publications scientifiques sont établis à partir des adresses des institutions auxquelles les auteurs sont affiliés. La mobilité internationale des chercheurs exerce ainsi une influence sur les indicateurs bibliométriques. Du fait de la forte asymétrie de la qualité des publications, il est particulièrement intéressant d'analyser le cas des chercheurs les plus influents. Diverses études ont été consacrées à l'analyse du profil de ces chercheurs et notamment à leur mobilité internationale. Les chercheurs les plus influents peuvent être définis comme ceux qui ont reçu certains prix prestigieux ou comme ceux qui sont les plus cités dans les publications scientifiques. Concernant la mobilité internationale, les deux types d'approches aboutissent à des conclusions similaires.

Une étude récente a analysé la mobilité géographique des chercheurs ayant reçu un prix Nobel en chimie, physique ou médecine entre 1994 et 2014 (Schlagberger et al. 2016). L'approche a consisté à identifier les affiliations de ces chercheurs à trois dates clés : l'obtention du doctorat, la réalisation des travaux leur ayant valu le prix Nobel et l'attribution du prix. L'annexe à l'article précise le nom de chaque lauréat, le thème de recherche qui lui a valu le prix Nobel et ses affiliations institutionnelles à chacune des trois dates clés. Pour ce rapport, la même méthode a été suivie pour actualiser les données jusqu'en 2017 en s'appuyant notamment sur les informations fournies par le site du prix Nobel. Au total, l'analyse porte sur la période 1994-2017 et sur 179 lauréats.

L'analyse souligne la forte mobilité institutionnelle des lauréats du prix Nobel : seulement 10 % sont restés dans leur université d'origine (Schlagberger et al. 2016). Leur mobilité internationale est plus faible, mais près d'un quart d'entre eux travaille dans au moins deux pays différents au cours de leur carrière. Certains des lauréats ont été affiliés à trois institutions de pays différents aux trois dates clés identifiées.

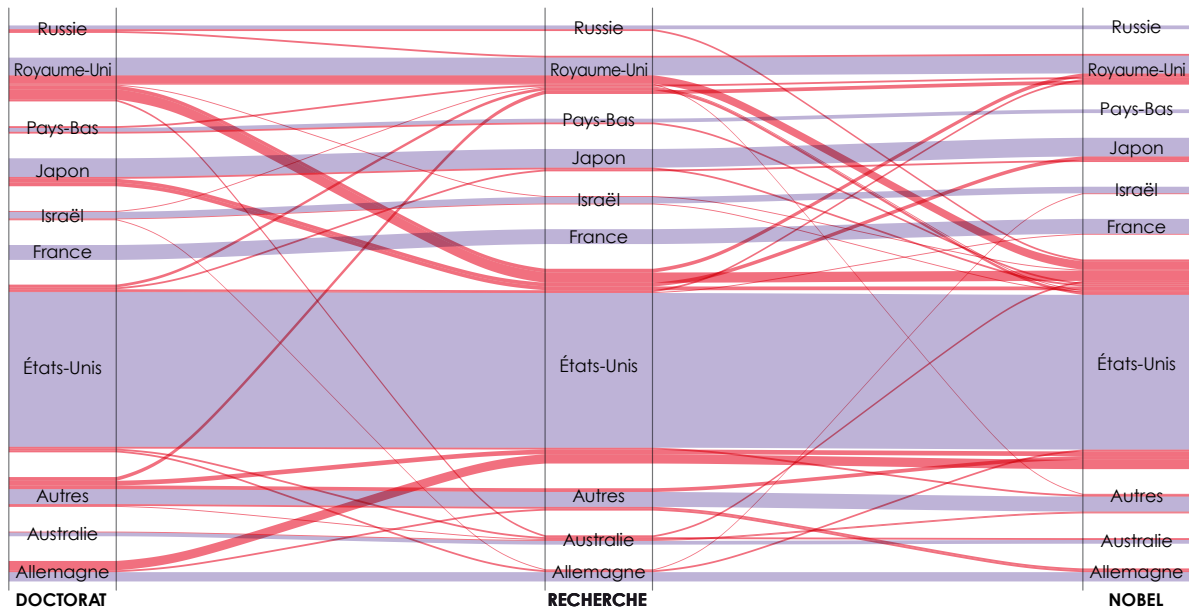
Le graphique 11 illustre la mobilité internationale des lauréats au cours de leur carrière. Il souligne l'ampleur de la mobilité des lauréats du prix Nobel vers les institutions universitaires américaines. Les chercheurs titulaires d'un doctorat d'une université américaine ont été de loin les plus nombreux à obtenir un prix Nobel¹⁵, et, de plus, les chercheurs d'autres pays rejoignent des universités américaines après leur thèse, soit pour y réaliser les travaux auxquels ils devront leur prix Nobel, soit plus tard dans leur carrière.

14. L'annexe A2 fournit une comparaison des positions des pays pour la proportion des publications nationales parmi le décile le plus cité entre la base WoS et la base Scopus. Cette comparaison confirme notamment la progression de l'Italie.

15. En outre, Schlagberger et al. (2016) souligne la forte proportion des futurs prix Nobel issus de quelques universités américaines.

Certains lauréats partent aussi d'institutions américaines après leur doctorat, notamment vers des institutions britanniques, japonaises, australiennes ou allemandes.

Graphique 11. Mobilité internationale des lauréats des prix Nobel scientifiques, 1994-2017



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-11

Sources : données Schlagberger et al. (2016) et site du prix Nobel ; calculs OST

Les chercheurs britanniques apparaissent particulièrement mobiles, notamment vers des institutions américaines : plus d'un quart des lauréats ayant obtenu leur doctorat dans des universités britanniques n'étaient plus au Royaume-Uni lorsqu'ils ont conduit leurs travaux décisifs pour le prix Nobel. À l'inverse, certains futurs lauréats ont intégré des universités britanniques en provenance des États-Unis, des Pays-Bas, de Suède ou de Russie. Les chercheurs canadiens apparaissent également mobiles : sur les trois lauréats du prix Nobel ayant effectué leur thèse au Canada, l'un a continué sa carrière aux États-Unis et un second au Royaume-Uni. En dehors des États-Unis, l'Australie, pays d'immigration, attire de futurs Nobel, qui dans certains cas quittent le pays en cours de carrière. Les lauréats japonais tendent à rester au Japon, ou à circuler entre le Japon et les États-Unis. Les lauréats français apparaissent parmi les plus stables.

Certaines des mobilités internationales correspondent sans doute à des étudiants venus au Royaume-Uni ou aux États-Unis pour leur doctorat et qui repartent ensuite dans leur pays d'origine pour éventuellement revenir dans le pays de la thèse par la suite. Cette hypothèse nécessiterait des données biographiques complémentaires pour être confirmée. Mais remarquons pour faire le lien avec les données relatives aux publications que ces dernières sont attribuées à un pays sur la base des informations contenues dans l'adresse des institutions d'affiliation des auteurs et pas par la nationalité de ces derniers.

Le tableau 4 synthétise les résultats au niveau des pays et permet de suivre les lauréats des petits pays qui sont agrégés sur le graphique dans la catégorie « Autres ». La part des États-Unis passe de 50 % pour les institutions du doctorat des futurs lauréats à 58 % pour les institutions où ils ont conduit les travaux qui leur vaudront l'attribution du prix Nobel. Cette part atteint près de deux tiers des lauréats plus tard dans leur carrière. Ces pourcentages sont supérieurs à la part des États-Unis dans les publications les plus citées : 37 % pour le centile le plus cité (2009-13, graphiques 10 a et b)¹⁶. C'est aussi le cas pour le Royaume-Uni, le Japon, la France, l'Allemagne et la Russie. À l'inverse, la Chine, le Canada et l'Australie ont une part plus élevée de publications les plus citées. Entre 1994 et 2017 un prix Nobel a été attribué à une chercheuse chinoise. Deux chercheurs chinois avaient partagé un prix Nobel de physique en 1957 et il n'y a ensuite pas eu de lauréat chinois en sciences avant 2015, lorsque Madame Tu Youyou a été récompensée pour ses travaux sur la malaria.

16. Leur part atteint 41 % dans la classe des publications parmi les 0,1 % les plus citées (données non reproduites ici).

Tableau 4. Nombre de lauréats du prix Nobel selon les pays des institutions d'affiliation, 1994-2017

Stade de la carrière des lauréats	Pays des institutions d'affiliation	Nombre de lauréats ^a	Part des lauréats	Nombre / 100 000 chercheurs
Obtention du doctorat	États-Unis	90	50,3 %	8
	Royaume-Uni	23,5	13,1 %	10,4
	Japon	15	8,4 %	2,3
	Allemagne	11	6,1 %	3,7
	France	8	4,5 %	3,8
	Israël	5	2,8 %	8,4
	Russie Pays-Bas	4	2,2 %	0,8 7,5
	Canada Suède	3	1,7 %	2,3 5,7
	Australie Suisse	2,5	1,4 %	3,2 9,3
	Norvège	2	1,1 %	8,1
	Belgique Chine Danemark Hongrie Italie	1	0,6 %	2,7 0,1 3,2 5,5 1,1
	Turquie	0,5	0,3 %	1,1
Travaux ayant conduit à l'attribution du prix Nobel	États-Unis	104,5	58,4 %	9,3
	Royaume-Uni	20,5	11,5 %	9
	Japon	12	6,7 %	1,8
	France	8	4,5 %	3,8
	Allemagne	6,5	3,6 %	2,2
	Australie	5	2,8 %	6,4
	Israël	4,5	2,5 %	7,6
	Russie Pays-Bas	3	1,7 %	0,6 5,6
	Canada Norvège Suède Suisse	2	1,1 %	1,5 8,1 3,8 7,4
	Belgique Chine Danemark Finlande	1	0,6 %	2,7 0,1 3,2 2,6
Attribution du prix Nobel ^b	États-Unis	112,5	62,8 %	10
	Royaume-Uni	16,5	9,2 %	7,3
	Japon	13	7,3 %	2
	France	8,5	4,7 %	4
	Allemagne	7	3,9 %	2,4
	Israël	4	2,2 %	6,7
	Australie	3	1,7 %	3,8
	Canada Pays-Bas Norvège Russie Suisse	2	1,1 %	1,5 3,7 8,1 0,4 7,4
	Chine	1,5	0,8 %	0,1
	Belgique Danemark Suède	1	0,6 %	2,7 3,2 1,9
Nombre total de lauréats		179	100 %	

a. Lorsqu'un lauréat a deux affiliations de deux pays différents à au moins l'une des étapes (par exemple deux doctorats de deux universités), le compte fractionnaire est appliqué.

b. Prix Nobel en physique, chimie ou médecine/physiologie.

Étant donné le caractère exceptionnel du prix Nobel et l'attractivité des pays les plus intensifs en recherche académique, il est probable que la distribution de ces distinctions internationales évolue plus lentement que celle des citations avec l'émergence de nouveaux foyers scientifiques dynamiques. Le cas d'Israël est très particulier dans la mesure où ce petit pays jeune qui n'appartient pas au groupe des 20 premiers producteurs de publications scientifiques a une part des lauréats du prix Nobel supérieure aux Pays-Bas.

Les pays scandinaves, la Belgique et la Suisse comptent peu de docteurs futurs lauréats, mais tendent à conserver ces excellents chercheurs. L'Allemagne et le Japon perdent respectivement 4 et 2 chercheurs sur une dizaine avant l'attribution du prix (net sorties-entrées). 5 chercheurs ayant effectué leur thèse en Allemagne ont ainsi effectué leurs travaux aux États-Unis et ils y sont restés par la suite, alors que parallèlement un chercheur suédois est arrivé en Allemagne pour la fin de sa carrière. Enfin, la France a un contingent stable de 8 chercheurs aux trois étapes de la carrière des lauréats du prix Nobel identifiées. Du fait de la plus grande mobilité des chercheurs allemands, la position de la France est relativement plus favorable pour les lauréats que pour les docteurs futurs lauréats.

Le graphique A3a en annexe se concentre sur les lauréats ayant effectué au moins une mobilité internationale au cours de leur carrière. Les flux entre pays y sont plus lisibles. Le graphique souligne bien l'attractivité croissante des États-Unis au cours de la carrière et le rôle spécifique du Royaume-Uni dans le réseau universitaire mondial. La France n'apparaît qu'au stade de la réception du prix Nobel car aucun lauréat ayant effectué son doctorat en France n'a été internationalement mobile. Mais un futur lauréat a effectué une mobilité des États-Unis vers la France. La Russie à l'inverse, voit la moitié de ses chercheurs lauréats migrer vers d'autres pays, alors qu'aucun lauréat étranger n'est venu en Russie en fin de carrière. La Russie n'apparaît donc pas au stade « Nobel » sur ce graphique.

Les analyses de la carrière universitaire de chercheurs ayant reçu d'autres prix prestigieux ou des chercheurs les plus cités au monde aboutissent à des résultats similaires quant à la position singulière des États-Unis, qui est proche de leur position pour les publications les plus citées (Rodriguez-Navarro 2016). Les universités américaines produisent une part très importante des chercheurs les plus influents, mais attirent aussi des étudiants et chercheurs du monde entier à qui elles offrent d'excellents environnements pour poursuivre leurs travaux. Le double phénomène est général, mais particulièrement accentué dans certaines disciplines, comme l'économie, la psychologie ou la médecine clinique (Panaretos et Malesios, 2012). La production scientifique américaine est spécialisée en économie¹⁷ et les États-Unis hébergent une très grande part des institutions les plus réputées de la discipline, tout en constituant un pôle d'attraction très fort. En conséquence, les universités américaines concentrent une part extrêmement élevée des chercheurs les plus cités en économie (Albaran et al. 2017).

La question de la mobilité des chercheurs primés et de l'attractivité des pays pour ces chercheurs sera à nouveau abordée dans le cadre de l'analyse détaillée de la discipline mathématiques (partie 4).

17. Quelques indicateurs seront présentés pour détailler le cas de l'économie dans la partie consacrée à la France (section 3.2.3).

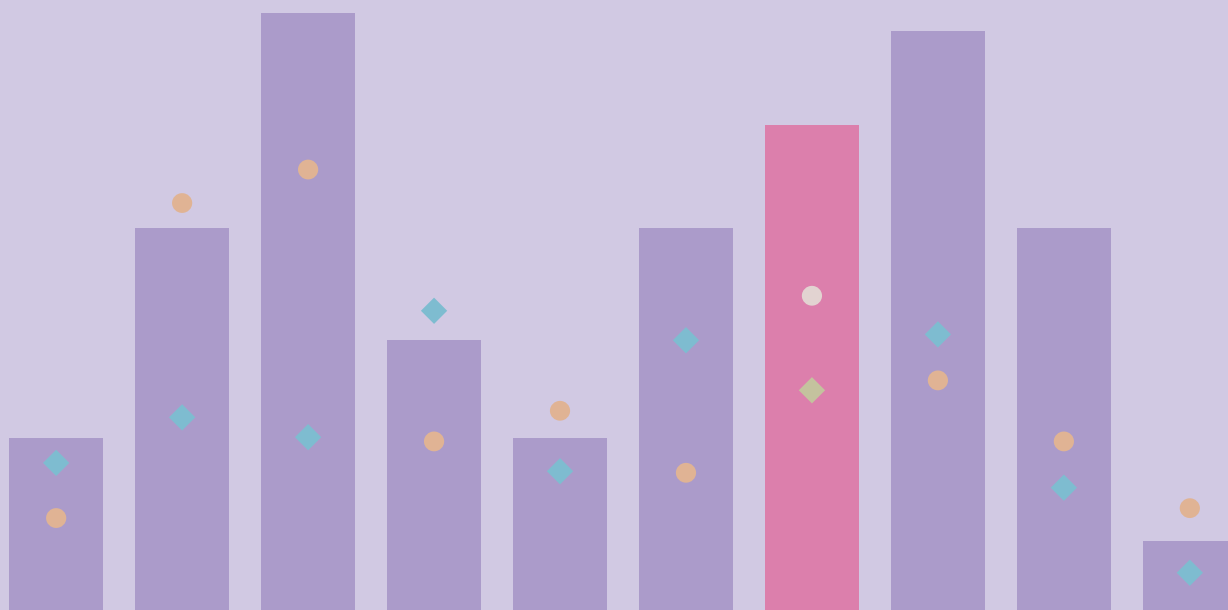
3

Caractérisation des publications scientifiques de la France

3.1. Évolution du nombre de publications de la France depuis 2000	42
3.2. Le profil scientifique de la France et son évolution	45
3.3. Impact scientifique des publications de la France	52
3.4. Les co-publications de la France et leur impact	57

Encadré : Influence de la dynamique de la Chine

4 - Impact des co-publications avec la Chine 62

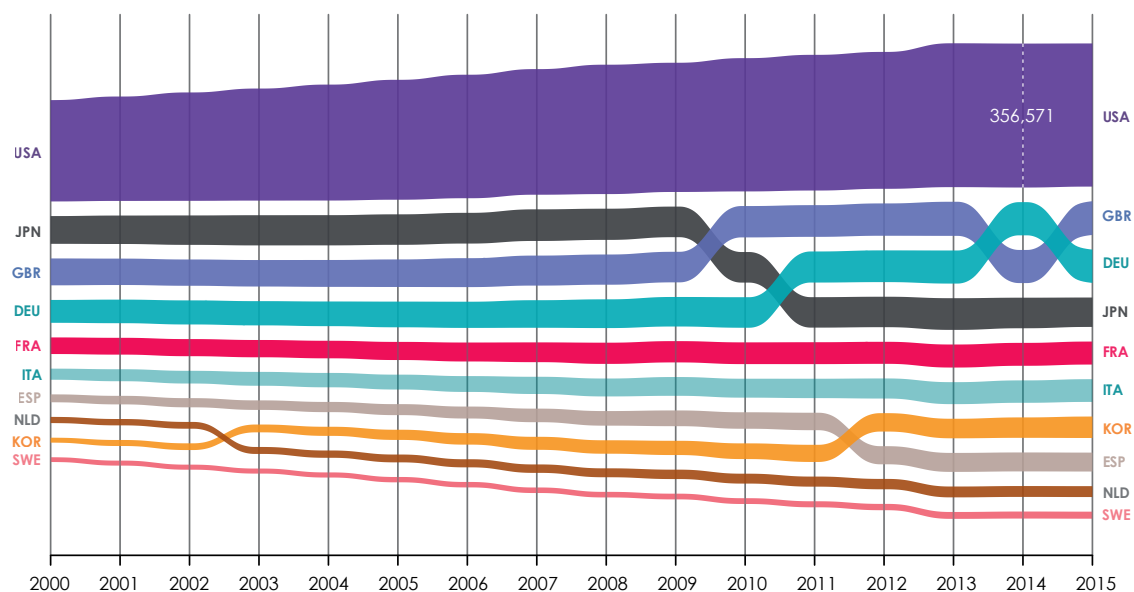


Après une analyse des 20 premiers pays publiant le plus au monde, un choix spécifique de pays est constitué afin de caractériser plus précisément les publications scientifiques françaises. Les pays ont été choisis pour l'intérêt qu'ils peuvent présenter pour la France, que ce soit à travers leur proximité en Europe ou pour leurs performances en matière de recherche et d'innovation¹⁸. Neuf pays sont retenus, ce qui avec la France constitue un ensemble de dix pays pour lesquels différents indicateurs sont systématiquement calculés. Ce qui dans la suite sera appelé le *Référentiel France* est constitué de la France et des neuf pays suivants : Allemagne, Corée du Sud, Espagne, États-Unis, Italie, Japon, Pays-Bas, Royaume-Uni et Suède. Après une comparaison de la dynamique des publications des pays du référentiel, le profil disciplinaire de la France est examiné en détail. L'analyse porte ensuite sur les co-publications de la France et sur l'impact comparé de ses publications par discipline.

3.1. Évolution du nombre de publications de la France depuis 2000

Les pays du *Référentiel France* ont enregistré des taux de croissance de leur volume de publications scientifiques variables qui ont entraîné des changements de rangs. La très faible croissance des publications du Japon, déjà soulignée, fait passer le pays au 4^e rang du référentiel (graphique 12). À l'inverse,

Graphique 12. Évolution du nombre de publications des pays du *Référentiel France*, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-12

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

18. L'analyse se concentre sur le positionnement de la France par rapport à d'autres pays, mais l'Union européenne, pour laquelle les indicateurs sont une moyenne entre pays hétérogènes, n'est pas examinée. Le rapport annuel de l'UE sur l'innovation mentionné en introduction comporte quelques indicateurs bibliométriques (UE 2017).

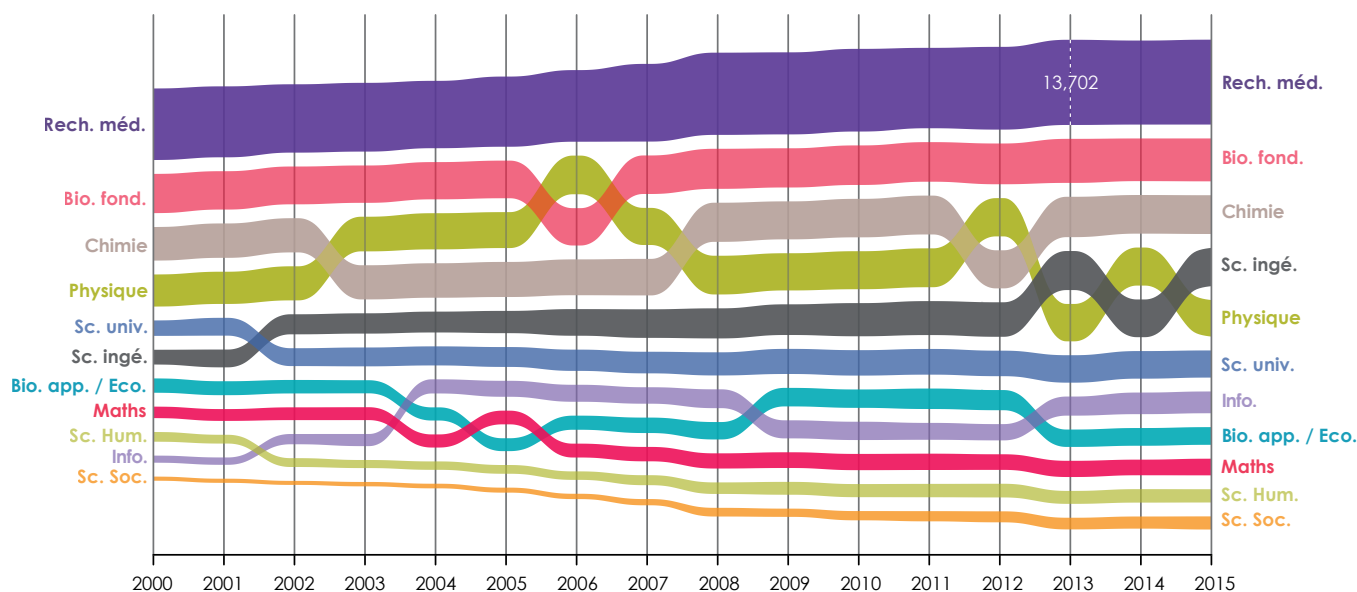
la croissance soutenue des publications de la Corée du Sud lui fait dépasser les Pays-Bas en 2003, puis l'Espagne en 2012 et approcher l'Italie et la France en 2015. Pourtant, l'Espagne a plus que doublé le nombre de ses publications sur la période. En fin de période, les deux plus petits producteurs sont la Suède et les Pays-Bas.

La France, dont le nombre de publications passe de 41 000 en 2000 à 57 000¹⁹ en 2015, soit une croissance de près de 40 %, reste en 5^e position au sein du référentiel. L'Italie dont la production a crû plus rapidement a désormais un volume de publications équivalent à celui de la France.

Le graphique 13 souligne que les publications françaises ont évolué à des rythmes différents selon les disciplines. Le nombre de publications françaises en sciences sociales présentes dans la base OST a plus que triplé sur la période et a doublé en informatique et en sciences pour l'ingénieur. En conséquence, le volume de publications en sciences pour l'ingénieur est devenu très proche de celui de la physique et de la chimie. La discipline a progressé du 6^e rang des publications françaises au 4^e, dépassant notamment les sciences de l'univers. Le volume de publications françaises en informatique est devenu supérieur à celui des sciences humaines (2002), des mathématiques (2004) et de la biologie appliquée-écologie depuis 2013. Malgré la forte augmentation du volume de publications en sciences sociales, la discipline reste celle où la France a le moins de publications recensées.

La forte progression du nombre de publications présentes dans la base en sciences sociales a aussi été enregistrée pour d'autres pays non anglophones. Le graphique 14a indique que les publications allemandes ont connu une croissance encore plus forte, avec un coefficient multiplicateur de 3,5 contre moins de 2 pour le Royaume-Uni.

Graphique 13. Nombre de publications de la France par discipline, 2000-15

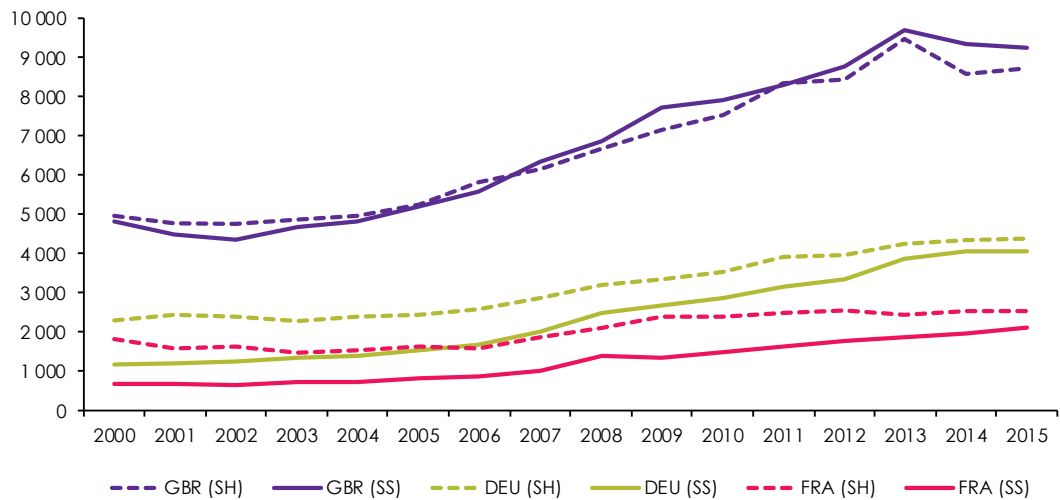


www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-13

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

19. Nombre de publications en compte fractionnaire (85 000 en 2015 en compte entier). Chiffres arrondis.

Graphique 14a. Nombre de publications en sciences humaines et sciences sociales, Allemagne, France et Royaume-Uni, 2000-15

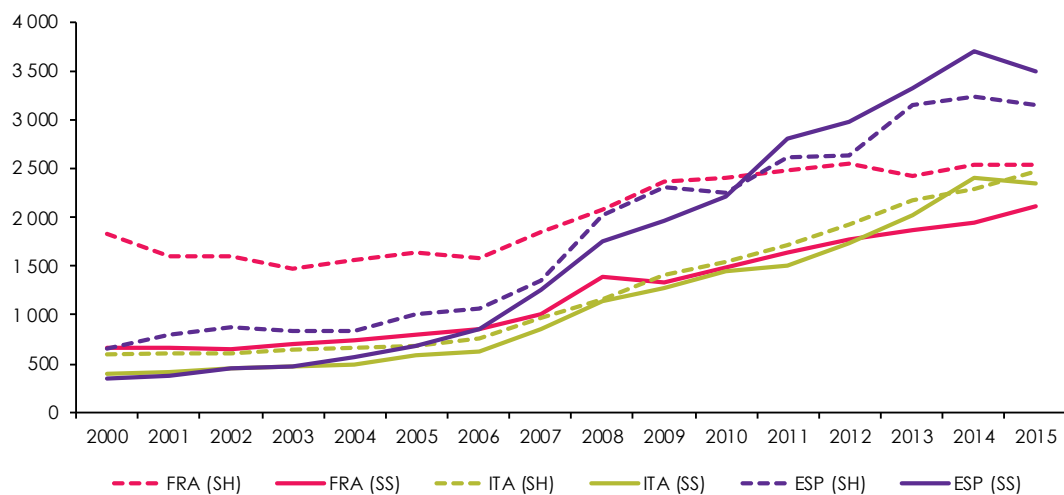


www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-14a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le graphique 14b montre que l'Espagne, mais aussi l'Italie, ont enregistré une forte croissance de leurs publications, à la fois en sciences sociales et en sciences humaines. Au début du 21^e siècle la France avait un nombre de publications en sciences sociales recensées dans la base OST près de deux fois supérieur à celui de l'Espagne et de l'Italie. Au cours des 15 années suivantes, le nombre de publications de l'Espagne a été multiplié par 10 et celui de l'Italie par près de 6. En 2015, ces deux pays ont ainsi plus de publications recensées en sciences sociales que la France.

Graphique 14b. Nombre de publications en sciences humaines et sciences sociales, Espagne, France et Italie, 2000-15



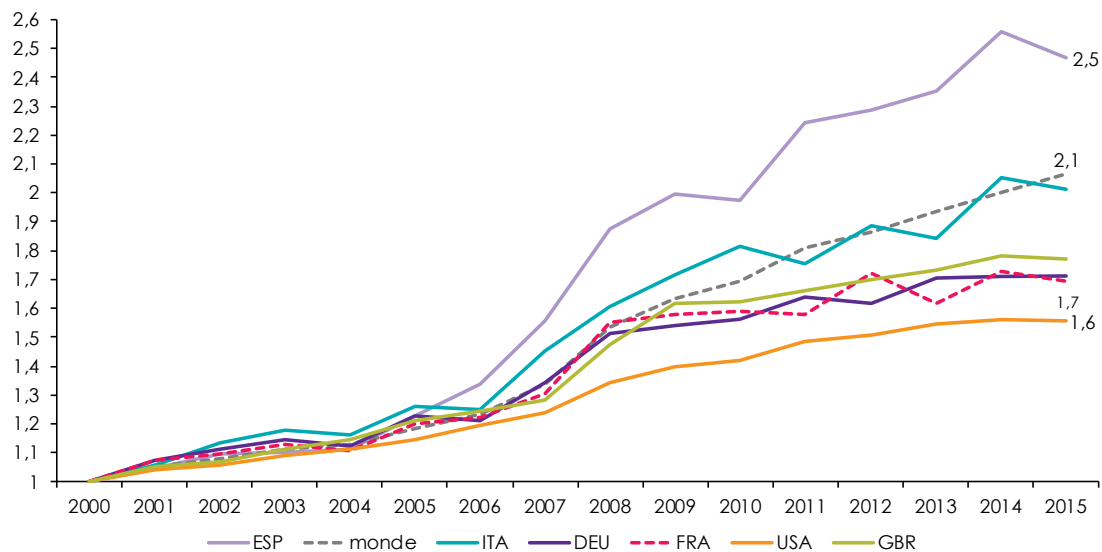
www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-14b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le graphique 15, souligne que la dynamique des publications en sciences sociales en Espagne et en Italie doit plus à l'intégration de revues supplémentaires dans la base qu'en France, en Allemagne ou au Royaume-Uni. C'est aux États-Unis que l'augmentation du nombre de publications est la moins due à l'intégration de nouvelles revues. Au niveau mondial, l'augmentation du nombre de publications en sciences sociales est due pour 2/3 à l'indexation de nouvelles revues par la base Web of Science.

Au total, l'évolution de la base par intégration de revues a eu un impact sur la progression de la part des sciences sociales dans le total des publications mondiales (graphiques 5a et b), mais les publications françaises en ont relativement moins bénéficié que les publications d'autres pays non anglophones. Ainsi, le ratio entre les publications en sciences sociales de la France et de l'Allemagne a-t-il baissé, de 0,54 au début des années 2000 à 0,52. Afin d'approfondir le rôle respectif de la base de données et des spécificités de la France, il serait intéressant d'approfondir ce même type d'analyse sur d'autres bases de données internationales. Cela permettrait notamment d'examiner l'impact de la sélection de revues et des choix en matière de nomenclature.

Graphique 15. Ratio entre le nombre de publications et le nombre de publications à périmètre de revues fixe, sciences sociales



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-15

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

3.2. Le profil scientifique de la France et son évolution

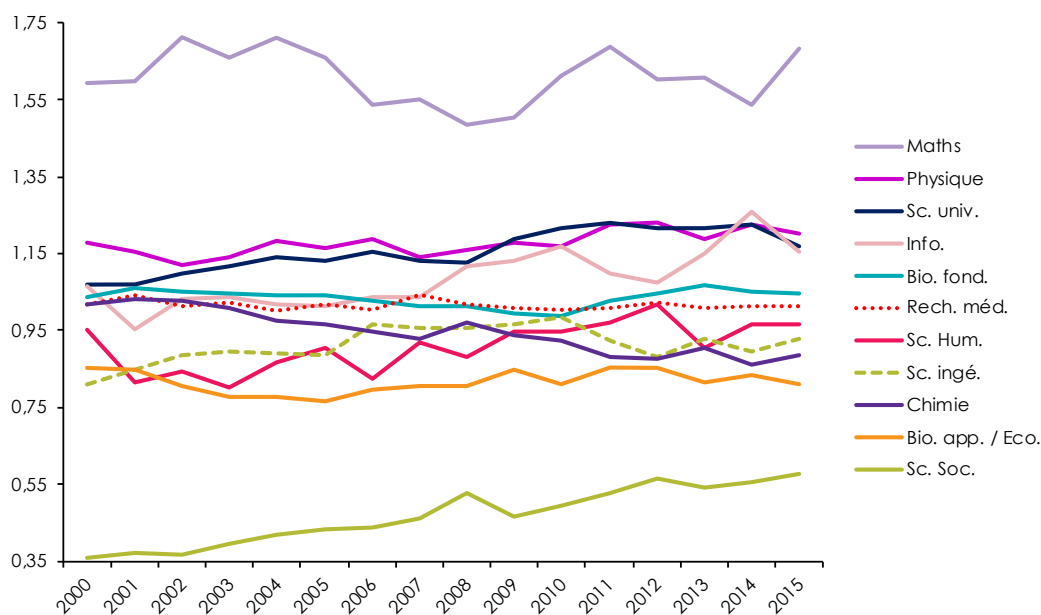
Le profil disciplinaire de la France est comparé à celui des pays du référentiel à l'aide des indices de spécialisation. Afin de poursuivre l'analyse des disciplines des sciences humaines et des sciences sociales, elles sont examinées à des grains plus fins.

3.2.1. Évolution de la spécialisation de la France par grande discipline

Le graphique 16 fournit l'indice de spécialisation de la France pour les 11 grandes disciplines entre 2000 et 2015. Cet indice rapporte la part d'une discipline dans le total des publications de la France à ce même ratio pour le monde (voir le glossaire et la méthodologie).

La France reste fortement spécialisée en mathématiques : la discipline conserve l'indice de spécialisation le plus élevé tout au long de la période. Cet indice, proche de 1,7 en 2015, est aussi l'un des plus élevés au monde, ce qui sera examiné plus en détail en comparaison avec les pays du Référentiel France (ci-dessous) et avec les autres pays spécialisés dans la discipline (Partie 4).

Graphique 16. Indice de spécialisation de la France par discipline, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-16

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

La France conserve aussi son niveau de spécialisation en physique (1,2). Elle reste juste au-dessus de la moyenne mondiale pour sa part de publications en recherche médicale et biologie fondamentale et en dessous en biologie appliquée-écologie (0,8). En sciences humaines la part des publications française oscille depuis 2000 entre 80 et 100 % de la moyenne mondiale et en sciences pour l'ingénieur entre 80 et 90 %.

À l'inverse, la spécialisation de la France a sensiblement évolué dans 5 grandes disciplines. En chimie sa spécialisation baisse régulièrement depuis 2000, passant au-dessous de 1 (0,9). Cette évolution peut être mise en relation avec la forte croissance du volume des publications de la Chine qui est très spécialisée en chimie. La dynamique de la Chine fait augmenter la part des publications en chimie du monde et réduit la spécialisation des pays qui ne connaissent pas la même dynamique dans la discipline (voir l'encadré 1). À l'inverse, l'indice de spécialisation de la France a fortement augmenté en sciences sociales (de 60 %) et plus modérément en informatique et en sciences de l'univers. Dans le cas des deux premières disciplines, même si le nombre de publications a sensiblement augmenté (graphiques 13 et 14b), il pourrait aussi y avoir une influence de la Chine dans la mesure où elle n'est pas du tout spécialisée en sciences sociales et où sa spécialisation a baissé en informatique.

Du fait du renforcement de l'informatique dans le profil scientifique de la France, trois disciplines représentent une part des publications françaises de 20 % supérieure à leur part dans le total mondial : la physique, les sciences de l'univers et l'informatique. La France reste non spécialisée en sciences sociales avec un indice inférieur de 40 % à la moyenne mondiale. C'est la grande discipline pour laquelle la France apparaît la moins spécialisée. Les publications recensées en sciences sociales sont en particulier moins nombreuses qu'en sciences humaines (graphiques 14 a et b), dont la part dans le total des publications françaises est proche de la moyenne mondiale.

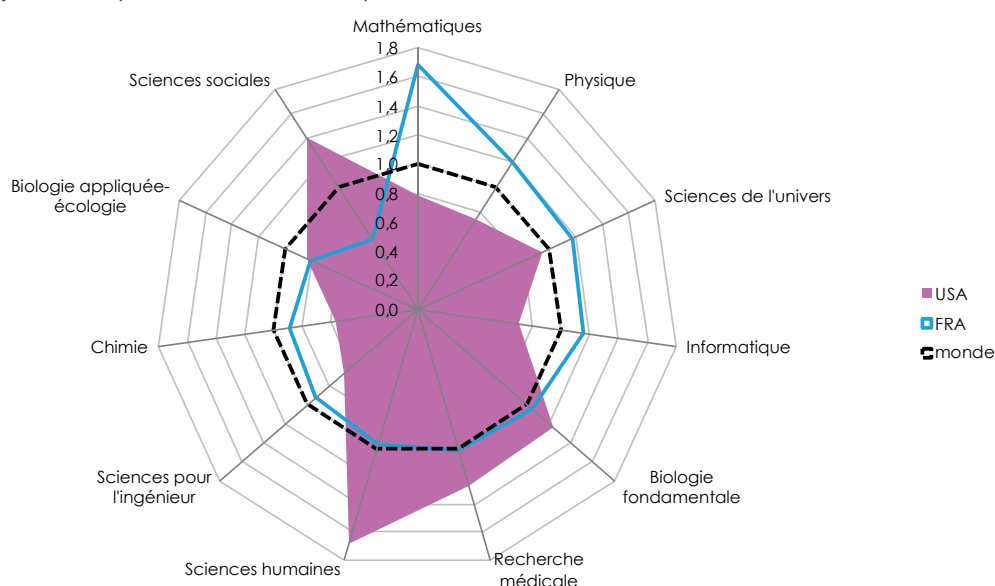
3.2.2. Spécialisation scientifique comparée de la France en 2015

Les graphiques 17a à 17e comparent les profils disciplinaires des pays du *Référentiel France*. Chaque graphique ordonne les disciplines par ordre décroissant de l'indice de spécialisation de la France, des mathématiques aux sciences sociales.

Le profil disciplinaire de la France est très différent de celui des États-Unis (graphique 17a). L'indice de spécialisation de la France en mathématiques est plus de deux fois plus élevé que celui des États-Unis (0,8). Les États-Unis ne sont pas non plus spécialisés en physique, sciences de l'univers et informatique, contrairement à la France. Dans cette dernière discipline, la spécialisation des États-Unis a baissé (NSF 2016).

Les États-Unis sont spécialisés en biologie fondamentale, recherche médicale et fortement en sciences sociales et sciences humaines (1,6). Comme le soulignera la partie consacrée à ces disciplines, la nomenclature de ce rapport inclut la psychologie dans les sciences humaines.

Graphique 17a. Spécialisation scientifique : France et États-Unis, 2015



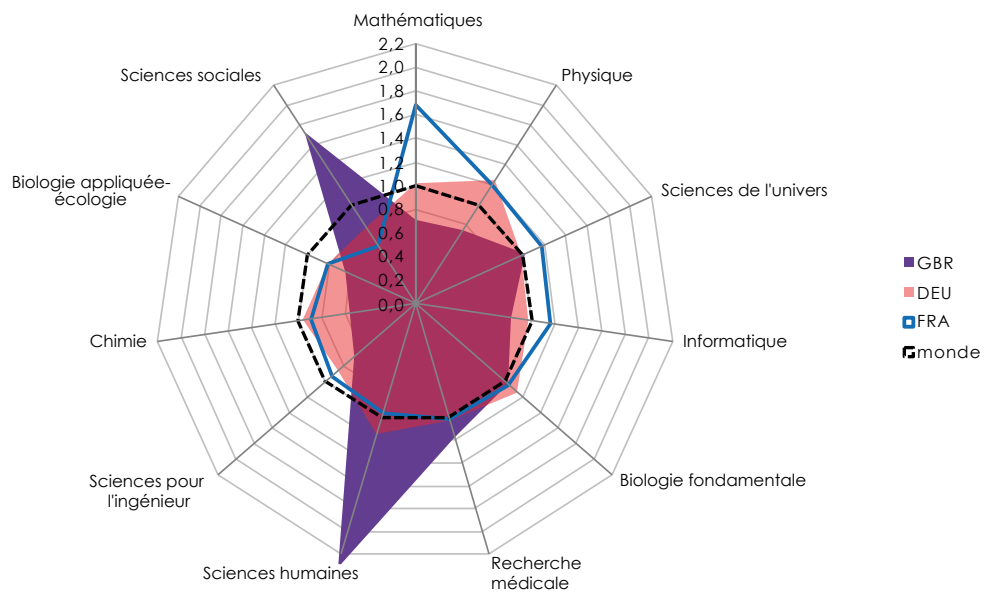
www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-17a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

La spécialisation du Royaume-Uni est encore plus forte que celle des États-Unis en sciences sociales et surtout en sciences humaines (graphique 17b). Elle est un peu inférieure en recherche médicale, mais reste supérieure à celle de la France et de l'Allemagne. L'Allemagne se caractérise par un profil scientifique équilibré : son indice de spécialisation le plus élevé, en physique, est un peu supérieur à 1,2. Elle est légèrement spécialisée en biologie fondamentale, sciences humaines et chimie avec des indices compris entre 1 et 1,2.

L'Italie présente aussi un profil assez équilibré (graphique 17c). Son indice de spécialisation le plus fort, en recherche médicale, est proche de 1,3 et il est compris entre 1 et 1,2 en mathématiques et sciences de l'univers. L'Espagne a un profil plus contrasté, avec un indice de spécialisation supérieur à 1,4 en sciences humaines. Son indice de spécialisation en biologie appliquée-écologie est supérieur à 1,2 et il est proche de cette valeur en informatique et en sciences sociales. Symétriquement, l'Espagne a une présence faible à la fois en physique et en chimie. La spécialisation de l'Espagne en sciences humaines et sociales est à rapprocher de son volume de publications supérieur à la France dans ces disciplines (graphique 14b), alors même que la production totale de la France est plus élevée.

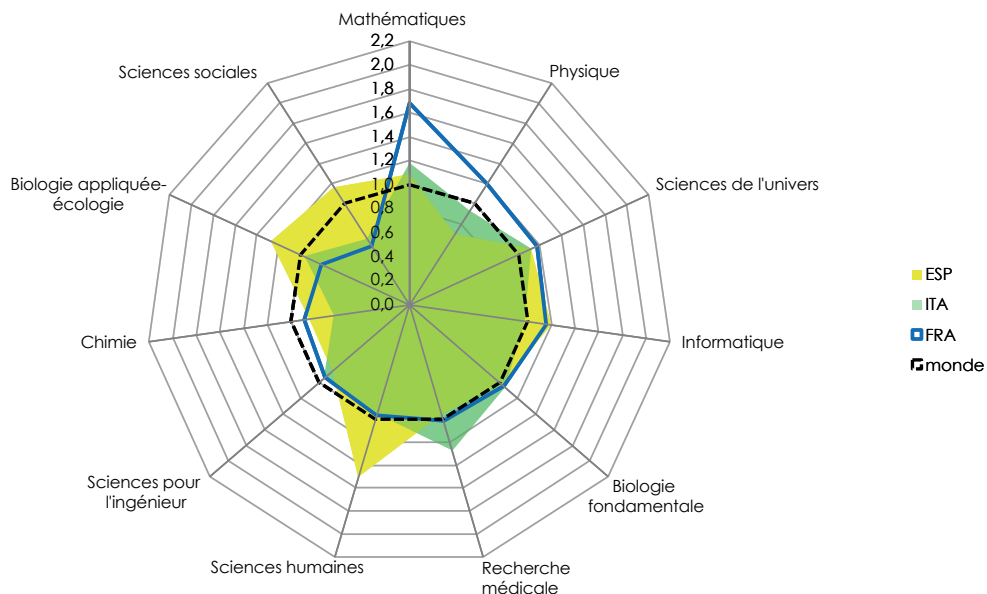
Graphique 17b. Spécialisation scientifique : France, Allemagne et Royaume-Uni, 2015



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-17b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 17c. Spécialisation scientifique : France, Espagne et Italie, 2015



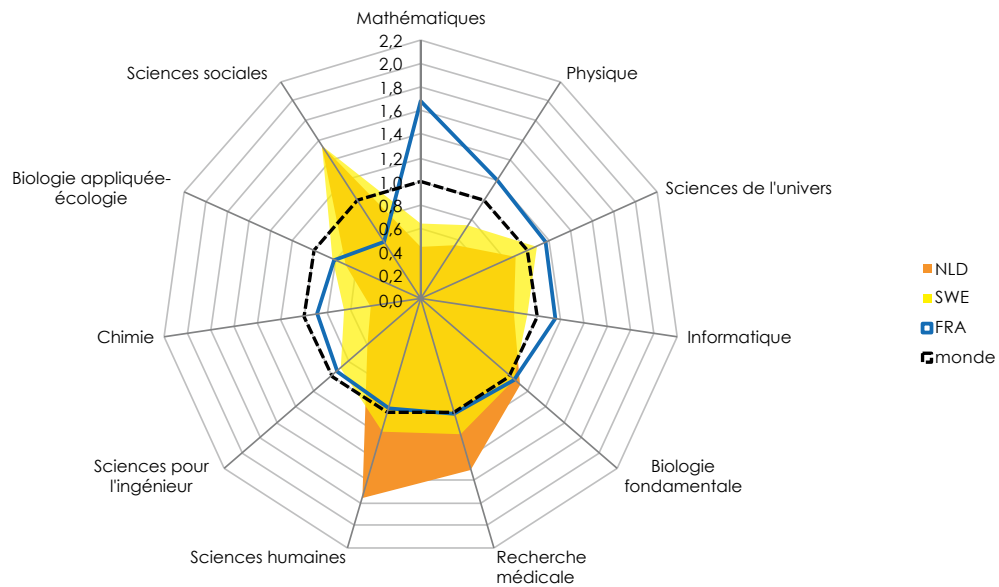
www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-17c

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Comparés à la France, les Pays-Bas et la Suède ont des profils disciplinaires proches, mais sensiblement plus contrasté pour les Pays-Bas (graphique 17d). Les deux pays sont fortement spécialisés en sciences sociales, mais la spécialisation des Pays-Bas est très forte en sciences humaines et forte en recherche médicale. Notons que leur indice très élevé (près de 1,8) en sciences humaines s'explique notamment par la forte spécialisation des Pays-Bas en psychologie. Le pays est à l'inverse très peu présent en chimie ou dans la discipline mathématique²⁰.

20. Voir la partie 4 pour la spécialisation des Pays-Bas au sein de la discipline mathématique.

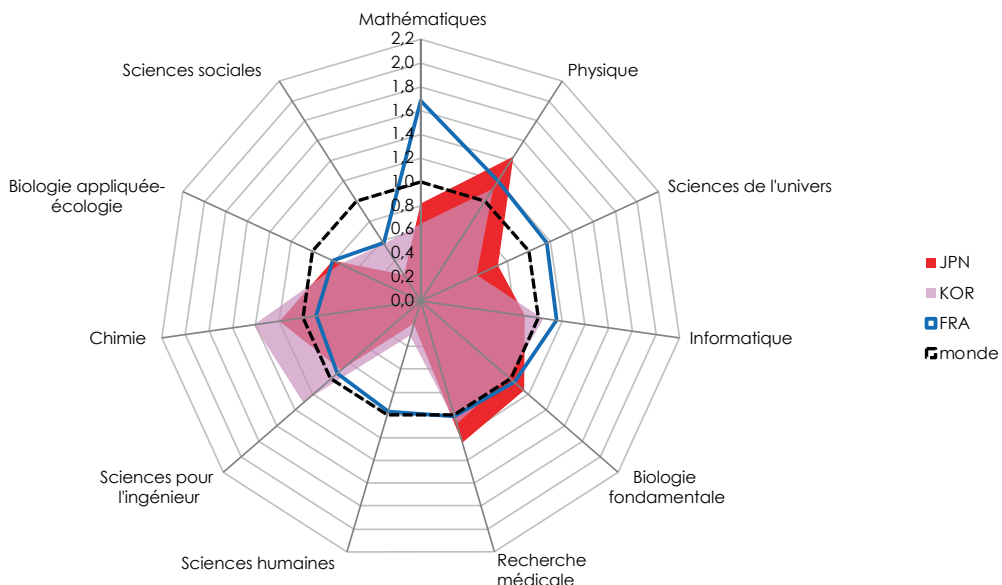
Graphique 17d. Spécialisation scientifique : France, Pays-Bas et Suède, 2015



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-17d

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 17e. Spécialisation scientifique : France, Japon et Corée du Sud, 2015



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-17e

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

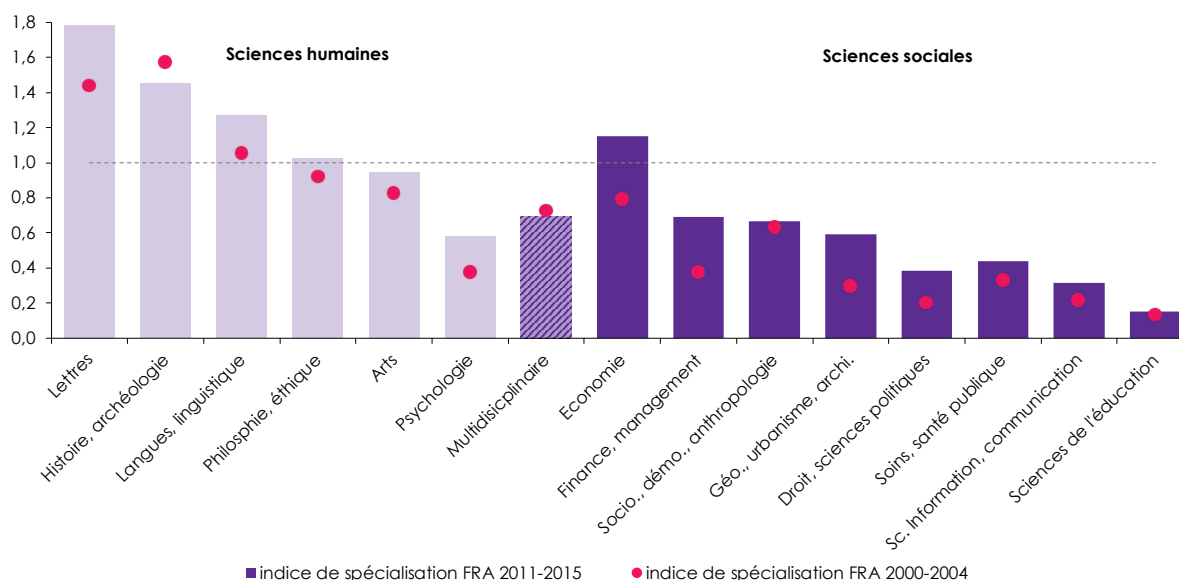
Les profils scientifiques du Japon et de la Corée du Sud sont relativement proches, tout en présentant quelques différences. Les deux pays sont très peu présents en sciences humaines et sont non spécialisés en sciences de l'univers, en mathématiques et en sciences sociales. Les deux pays sont à l'inverse spécialisés en chimie. La Corée du Sud est spécialisée en sciences pour l'ingénieur, alors que le Japon a une spécialisation modeste en recherche médicale et biologie fondamentale. Au total, la Corée du Sud présente un pôle fort en chimie et sciences pour l'ingénieur, alors que le Japon a une spécialisation forte en physique (1,4) et modérée en chimie et recherche médicale (1,2).

3.2.3. Évolution de la spécialisation de la France en sciences humaines et sociales

Le graphique 18 détaille l'évolution de la spécialisation de la France dans les disciplines des sciences humaines et sociales. Il souligne la variété des situations puisque la France apparaît nettement spécialisée dans certaines disciplines et non spécialisée dans d'autres. La base OST recense ainsi un volume relativement important de publications françaises dans certaines disciplines des SHS.

La spécialisation de la France progresse relativement peu en sciences humaines. Néanmoins, la France renforce encore sa spécialisation en lettres (1,8). En histoire et archéologie, son indice de spécialisation fléchit, mais atteint encore près de 1,5. Au sein des sciences humaines, c'est en psychologie que la France a l'indice de spécialisation le plus faible, même s'il a sensiblement augmenté depuis 2000. Notons que cette discipline pratique largement les publications sous forme d'articles dans des revues à comité de lecture. La psychologie représente 21 % de l'ensemble des publications en SH de la France²¹, alors que cette part est beaucoup plus forte dans deux des pays spécialisés en psychologie du référentiel, les Pays-Bas (47 %) et les États-Unis (40 %). Ainsi, la spécialisation de ces deux pays en SH (graphiques 17a et 17d) peut-elle s'expliquer en partie par leur spécialisation en psychologie. Symétriquement, la faible spécialisation de la France dans l'ensemble sciences humaines est notamment due à la faible part de la psychologie dans ses publications.

Graphique 18. Évolution de la spécialisation de la France en sciences humaines et sociales



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-18

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

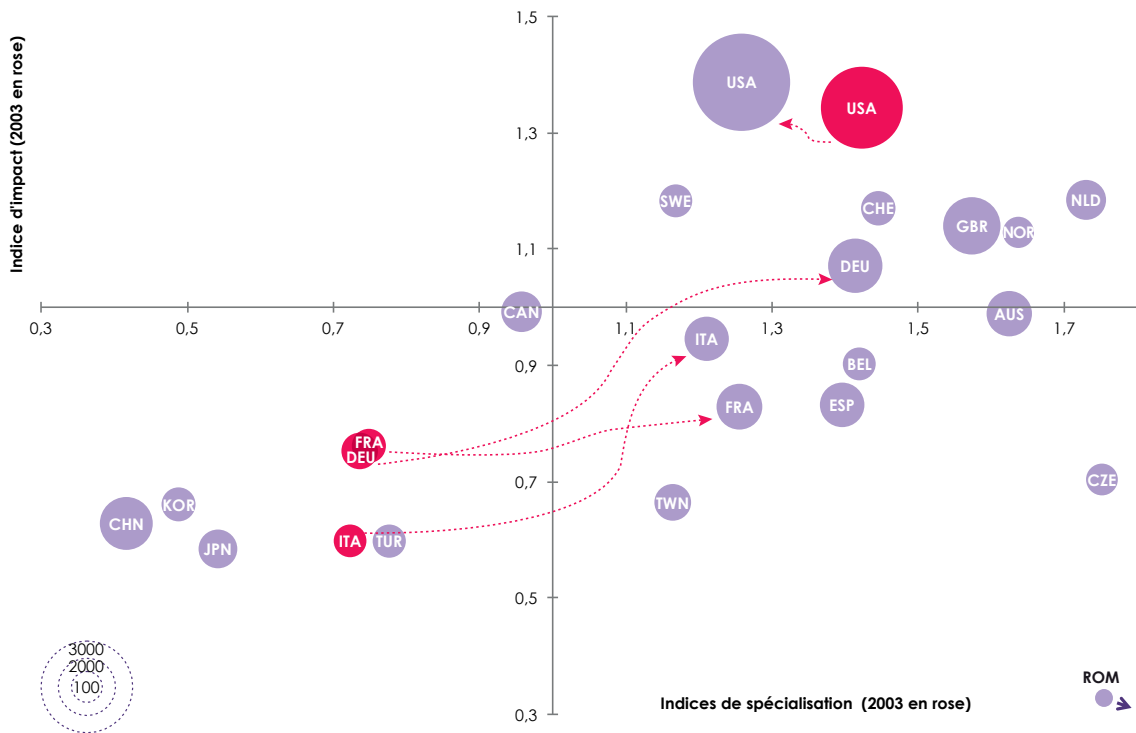
Le graphique 18 montre que la spécialisation de la France a progressé de 50 à 100 % dans 4 groupes de disciplines des sciences sociales : économie ; finance et management ; géographie, urbanisme et architecture ; droit et sciences politiques²². La France devient ainsi spécialisée en économie avec un indice de près de 1,2 en 2011-15. C'est la seule discipline des sciences sociales dont la part française de publications dépasse la moyenne mondiale.

21. En 2015, compte fractionnaire.

22. Ces groupements ont été élaborés à partir des domaines de recherche de la base Web of Science.

Le graphique 19 présente les indices de spécialisation et d'impact des 20 premiers pays publiant le plus en économie en 2013. Il montre qu'en 2013, la France est devenue aussi spécialisée en économie que les États-Unis, avec un indice proche de 1,3. Différents pays européens, y compris non anglophones, sont encore plus spécialisés, les plus spécialisés étant la République tchèque, la Roumanie et les Pays-Bas.

Graphique 19. Spécialisation et impact des publications en économie, vingt premiers producteurs^a, 2013



a. La taille des bulles est proportionnelle au volume de publications des pays.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-19

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

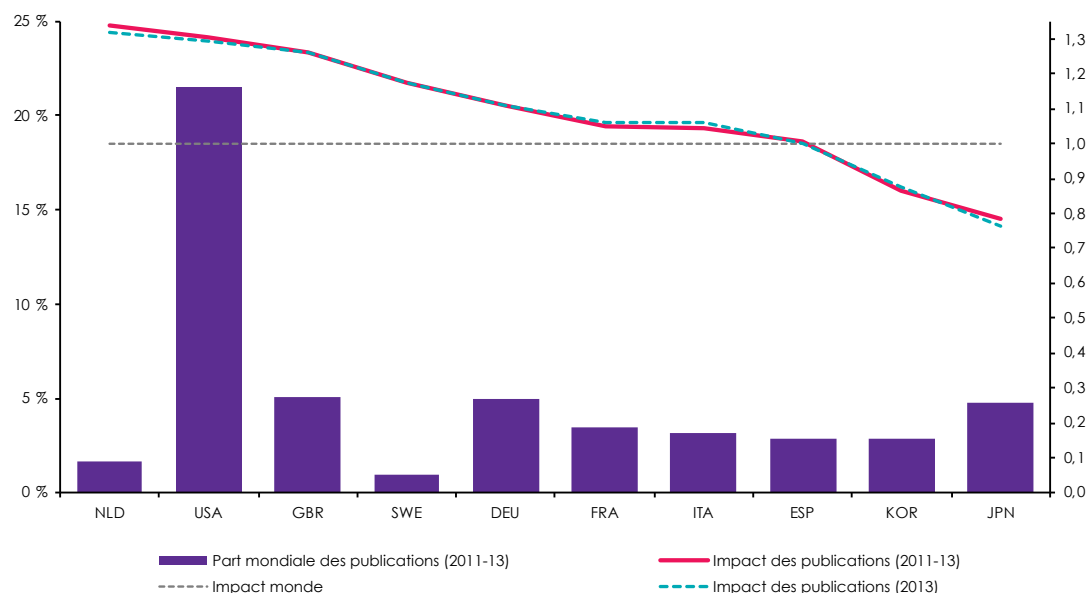
Parmi les pays spécialisés en économie, les États-Unis sont de loin celui qui produit les publications qui ont le plus fort impact académique. Leur spécialisation s'est un peu tassée, mais l'impact académique de leurs publications s'est renforcé. Différents pays européens ont aussi un indicateur d'impact supérieur à la moyenne mondiale, notamment la Suède, la Suisse, le Royaume-Uni et les Pays-Bas.

Entre 2003 et 2013, la France est non seulement devenue spécialisée en économie, mais a aussi augmenté l'impact de ses publications. Cet impact reste cependant inférieur à la moyenne mondiale, proche de celui de l'Espagne. L'Italie et surtout l'Allemagne ont connu des évolutions plus fortes en matière de spécialisation et surtout d'impact.

3.3. Impact scientifique des publications de la France

Au sein du *Référentiel France*, seule la Suède ne fait pas partie des 20 premiers producteurs mondiaux de publications scientifiques. Le graphique 21 est ainsi une version simplifiée et complétée avec la Suède du graphique 7 (partie 2). Au sein du *Référentiel France*, la Suède est le 4^e pays dont les publications ont l'impact académique le plus élevé, derrière les Pays-Bas, les États-Unis et le Royaume-Uni. Ces trois premiers pays ont un nombre de citations par publication de 30 % supérieur à la moyenne mondiale. Le graphique 20 souligne la proximité de la France et de l'Italie, que ce soit pour le volume ou l'impact de leurs publications scientifiques, de près de 10 % supérieur à la moyenne mondiale²³. L'Allemagne publie plus et dispose d'un indice d'impact un peu supérieur, l'Espagne étant dans une position symétrique, publiant moins avec un indice d'impact qui se situe au niveau de la moyenne mondiale. Au sein du référentiel, seuls le Japon et la Corée du Sud ont des indices d'impact inférieurs à la moyenne mondiale.

Graphique 20. Volume et IND des publications des pays du *Référentiel France*, toutes disciplines confondues, 2011-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-20

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les graphiques 21a à 21e rapprochent l'impact des publications (IND) et l'impact moyen des revues (IMR*) dans lesquelles elles paraissent pour les pays du *Référentiel France* et pour les 11 disciplines²⁴. Au total, ces cinq graphiques montrent qu'il y a une corrélation positive entre impact des revues et impact des publications, avec des exceptions pour certains pays dans certaines disciplines. Ils montrent aussi que l'impact des publications mesuré au niveau d'un pays peut résulter soit de performances proches dans les différentes disciplines, comme aux États-Unis, soit de performances dispersées entre disciplines, comme en France.

23. En utilisant la base Scopus d'Elsevier, l'OCDE (2017) indique aussi un volume équivalent de publications pour les deux pays, mais mesure un impact supérieur des publications italiennes parues en 2015, suite à une progression sensible depuis 2005. L'indicateur est la proportion des publications dans le décile le plus cité au monde. Pour 2000-11, Campbell et al. (2013), qui utilise aussi Scopus, donne un impact moyen équivalent pour les deux pays. L'annexe 2 fournit une comparaison entre les données issues du WoS et de Scopus, confirmant la proximité des deux pays.

24. Comme pour l'ensemble des indicateurs d'impact des parties 2 et 3, la fenêtre de citation* est de 3 ans. Dans la partie 4, la fenêtre de citation est de 5 ans pour tenir compte de la spécificité de la discipline mathématique.

Le graphique 21a compare la France et l'Allemagne, les graphiques suivants comparent les autres pays du référentiel deux à deux. Afin de faciliter la lecture, les pays sont groupés en fonction de leurs impacts moyens pour l'ensemble des publications. Cela permet d'ajuster les échelles qui varient donc d'un graphique à l'autre. Par exemple, l'IND des publications de la France varie de 0,7 à 1,4 selon les disciplines, alors que pour les États-Unis l'amplitude n'est que de 0,4, soit entre 1,2 et 1,6. Pour le Japon, les impacts varient de 0,5 à 0,9 et pour les Pays-Bas de 1 à 1,5.

Le graphique 21a montre que l'impact un peu supérieur des publications de l'Allemagne par rapport à la France se retrouve au niveau d'une majorité de disciplines. L'impact des publications de la France n'est supérieur qu'en biologie appliquée-écologie, en sciences pour l'ingénieur et en informatique. L'impact des publications de la France est à l'inverse nettement plus faible en sciences humaines, discipline où l'Allemagne est plus spécialisée. Il est aussi sensiblement plus faible en sciences sociales. Dans les autres disciplines, les impacts des publications sont un peu supérieurs pour les publications allemandes ou sont équivalents dans les deux pays. Les publications allemandes tendent à être un peu mieux citées que la moyenne des revues dans lesquelles elles paraissent, sauf en chimie.

Le graphique 21b montre que les indices d'impact équivalents des publications de la France et de l'Italie toutes disciplines confondues (graphique 20) recouvrent des situations contrastées par discipline. Les indices d'impact sont proches en recherche médicale (1) et en physique (1,1). Ils sont supérieurs pour la France en biologie fondamentale et appliquée et en sciences de l'univers, mais supérieurs pour l'Italie en sciences pour l'ingénieur, mathématiques, informatique et sciences humaines. Les publications de l'Italie sont plus souvent mieux citées que les revues dans lesquelles elles paraissent que celles de la France.

L'impact des publications espagnoles en sciences pour l'ingénieur est inférieur à celui des publications italiennes (graphique 21b), mais supérieur à celui des publications françaises (graphique 21a). Leur impact est proche de celui des publications françaises en chimie et physique, mais plus faible en sciences sociales et en recherche médicale.

Les indicateurs d'impact des revues comme des publications du Royaume-Uni et des États-Unis sont supérieurs à la moyenne mondiale dans toutes les disciplines (graphique 21c). Par ailleurs, les publications britanniques et américaines tendent à être plus citées que la moyenne des revues dans lesquelles elles paraissent. L'IND des publications britanniques est supérieur à celui des publications françaises dans toutes les disciplines (graphiques 21a et 21c). L'écart est élevé en sciences humaines, sciences sociales, informatique et dans une moindre mesure en chimie.

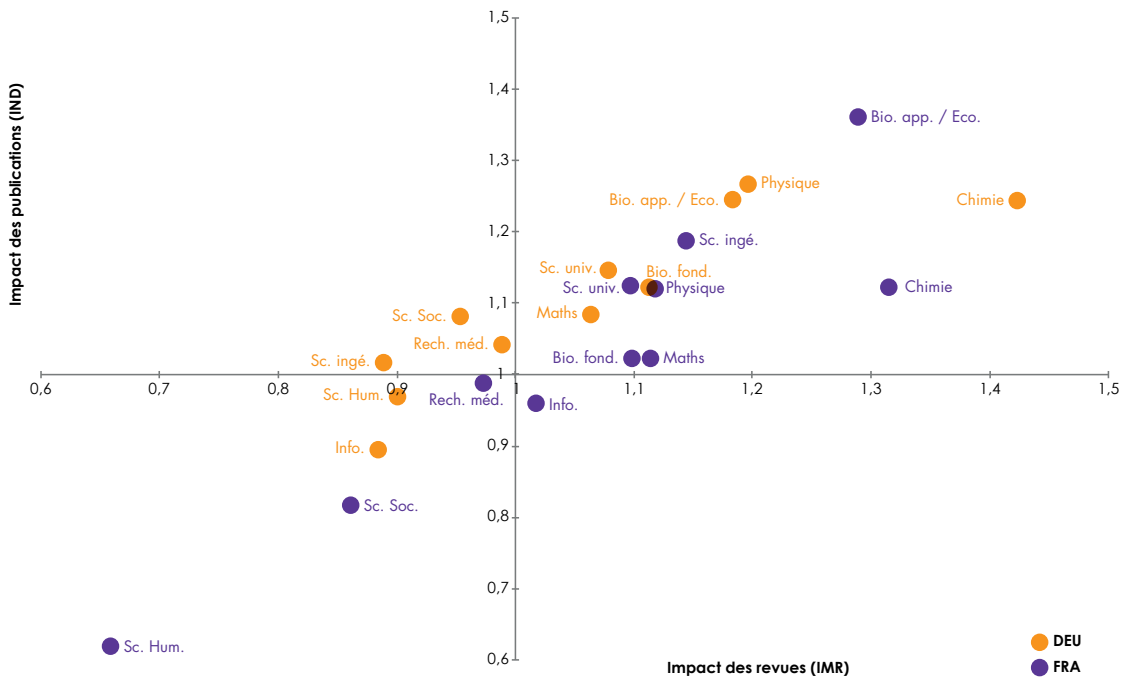
Les publications américaines tendent aussi à être plus citées que les publications françaises dans toutes les disciplines (graphique 21c). L'écart est important dans les quatre disciplines où les États-Unis sont les plus spécialisés : sciences humaines, sciences sociales, recherche médicale et biologie fondamentale. Globalement, les publications américaines paraissent dans des revues citées de 20 à 40 % plus que la moyenne mondiale, sauf en chimie. Dans cette discipline, l'impact moyen des revues où publient les chercheurs des États-Unis est de 80 % supérieur à la moyenne mondiale et l'impact des publications supérieur de près de 60 %.

L'impact moyen des publications néerlandaises est supérieur à celui des publications suédoises, ce qui correspond à la distribution des impacts par discipline. Ainsi, en physique l'IND des publications suédoises est-il un peu supérieur à 1,1, quand il dépasse 1,4 pour les publications néerlandaises. La distribution pour les deux pays est décalée vers le haut par rapport à la France. L'impact le plus élevé est atteint par la France en biologie appliquée-écologie : la Suède a un indice équivalent, mais celui des Pays-Bas est supérieur. Les impacts les plus faibles pour les Pays-Bas et la Suède sont proches de 1, respectivement en informatique et en mathématiques. L'impact le plus faible pour la France est un peu supérieur à 0,6 en sciences humaines (graphique 21a). L'indice d'impact en mathématiques est proche de 1 pour les trois pays, mais cela correspond aux disciplines aux impacts faibles de la Suède et surtout des Pays-Bas, alors que la discipline est au centre de la distribution des IND pour la France.

À l'inverse des deux pays précédents, le Japon et la Corée du Sud ont des impacts de leurs publications inférieurs à la France dans les différentes disciplines (graphique 21e). Ces impacts sont compris entre 0,5 pour les publications en informatique du Japon et un peu plus de 1 pour les publications de la Corée du Sud en chimie et sciences pour l'ingénieur. Les deux pays ont des impacts relativement faibles dans les disciplines de leur spécialisation respective comme les sciences pour l'ingénieur pour la Corée du Sud ou

la physique pour le Japon. En chimie, comme tous les pays du Référentiel France à l'exception de la Corée du Sud, le Japon a un impact de ses publications sensiblement inférieur à celui des revues dans lesquelles il publie. Plus généralement, de tous les pays du référentiel, le Japon et dans une moindre mesure la Corée du Sud sont ceux dont les publications sont les plus souvent moins citées que la moyenne de celles des revues dans lesquelles ils publient.

Graphique 21a. Indices d'impact moyen des revues et des publications : Allemagne et France, 2011-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-21a-21e

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

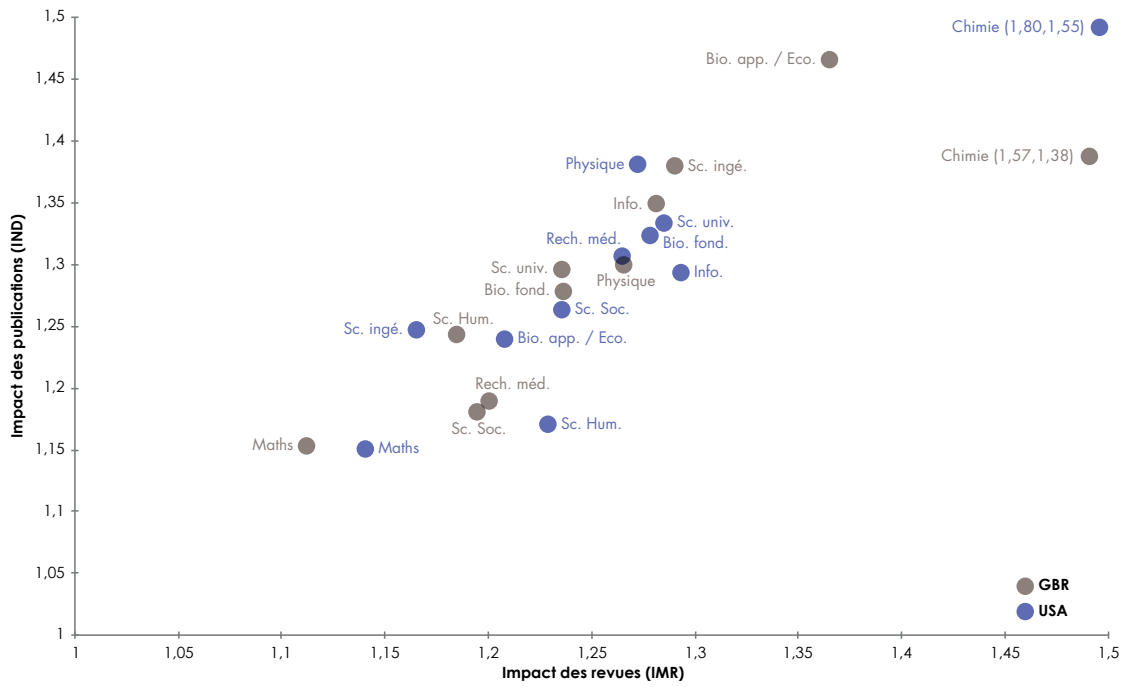
Graphique 21b. Indices d'impact moyen des revues et des publications : Espagne et Italie, 2011-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-21a-21e

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

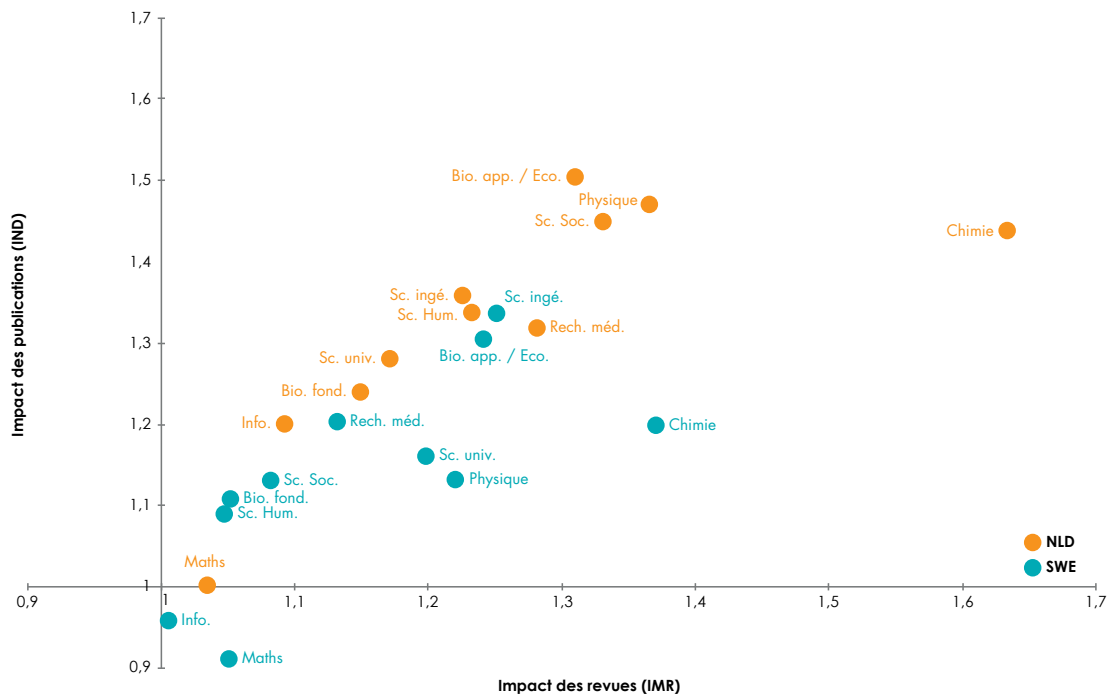
Graphique 21c. Indices d'impact moyen des revues et des publications : États-Unis et Royaume-Uni, 2011-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-21a-21e

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 21d. Indices d'impact moyen des revues et des publications : Pays-Bas et Suède, 2011-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-21a-21e

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 21e. Indices d'impact moyen des revues et des publications : Corée du Sud et Japon, 2011-13



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-21a-21e

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le graphique 22 présente un zoom sur l'économie, discipline des sciences sociales dans laquelle la France est spécialisée. Il indique les indices d'impact moyen des revues et des publications des 20 pays publiant le plus en économie. La corrélation entre les impacts des revues et des publications est forte.

Graphique 22. Indices d'impact moyen des revues et des publications pour les 20 premiers producteurs^a en économie, 2013



a. La taille des bulles est proportionnelle au volume de publications des pays.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-22

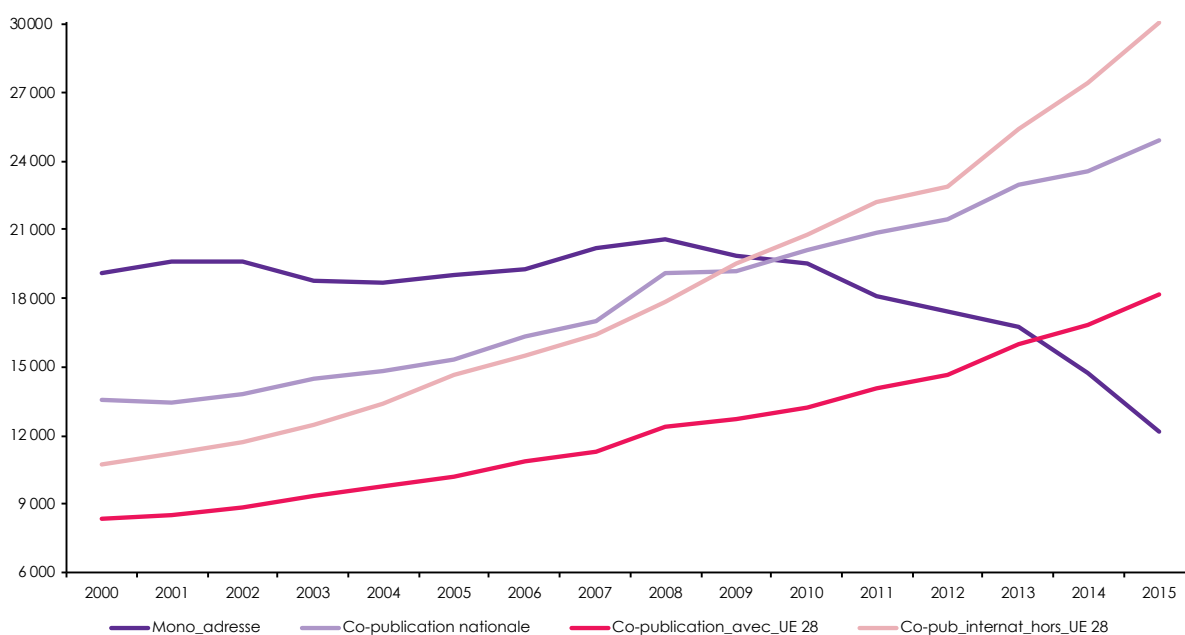
Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les États-Unis se détachent avec des indices (IMR et IND) de l'ordre de 1,4. Un groupe de pays européens se situe autour de 1,2 pour les deux indices. L'Allemagne et l'Australie ont un indice d'impact de leurs publications autour de la moyenne mondiale. L'Italie, la Belgique, la France et l'Espagne ont leurs deux indices d'impact compris entre 0,8 et 1. Le groupe dont les deux indices sont inférieurs à 0,8 est formé de pays asiatiques, de pays de l'Est de l'Europe et de la Russie.

3.4. Les co-publications de la France et leur impact

La France s'inscrit dans la tendance mondiale à l'accroissement du taux de co-publications, que ce soit entre institutions nationales ou dans le cadre de collaborations internationales. Le graphique 23 présente ainsi une évolution similaire à celle du graphique 6 (partie 2). Les publications signées par une seule institution stagnent en nombre absolu avant de décliner à partir de la fin des années 2000, soit quelques années plus tôt en France que dans le monde en général (2013, graphique 6). À l'inverse, les co-publications, entre institutions françaises ou les co-publications internationales, augmentent. Les co-publications entre institutions françaises et avec des partenaires de l'UE connaissent une dynamique comparable. Elles ont crû moins vite que les co-publications internationales hors UE. Au total, les co-publications avec des institutions étrangères, européennes ou extra-européennes, représentent près de 56 % du total des publications signées par une ou plusieurs institutions localisées en France.

Graphique 23. Nombre de publications de la France en fonction du type de collaboration

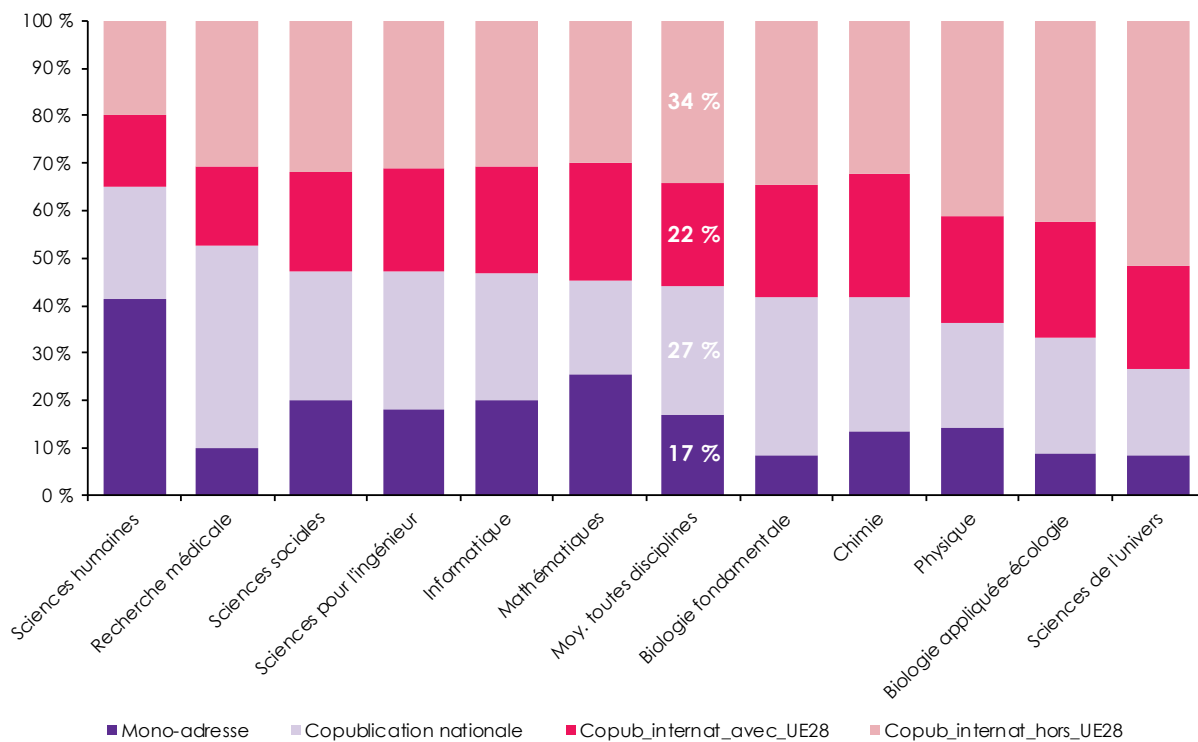


www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-23

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le taux de co-publications internationales varie sensiblement selon les disciplines. Les sciences humaines ont de loin le taux de publications signées par une seule institution française le plus élevé et symétriquement le taux de co-publications internationales le plus faible. La recherche médicale est la seconde grande discipline la moins internationalisée (48 %), du fait de la part élevée de co-publications entre institutions françaises (graphique 24).

Graphique 24. Distribution des publications selon le type de collaboration, par discipline, 2015



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-24

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les mathématiques, les sciences sociales, l'informatique et les sciences pour l'ingénieur ont un taux d'internationalisation proche de la moyenne nationale (56 %). Les deux disciplines les plus internationalisées sont la biologie appliquée-écologie (67 %) et les sciences de l'univers (74 %) pour lesquelles le taux de co-publications avec des institutions extra-européennes est de loin le plus élevé.

3.4.1. Distribution des co-publications internationales de la France par partenaire

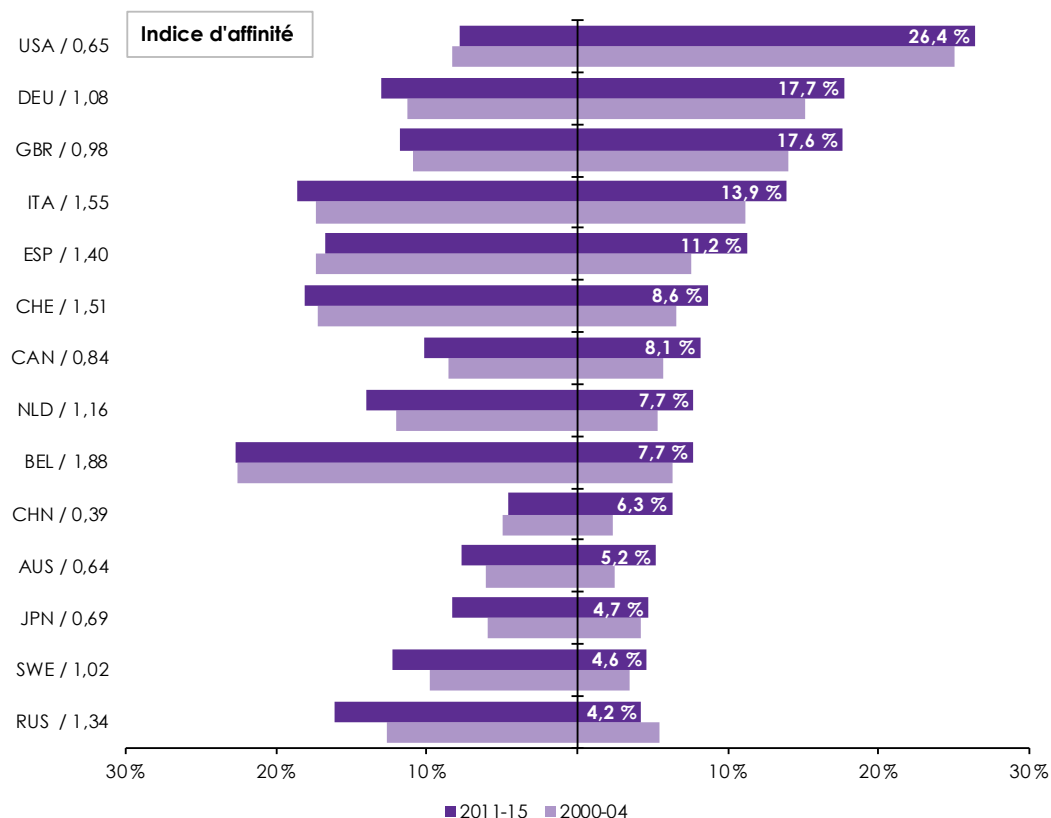
Le graphique 25 détaille les co-publications internationales de la France par partenaire avec trois indicateurs par pays : la part du pays dans le total et, symétriquement, la part de la France dans les co-publications internationales du partenaire, ainsi qu'un indicateur d'affinité scientifique entre la France et le partenaire. L'indicateur d'affinité rapporte la part du partenaire dans les co-publications internationales de la France à la part de ce pays dans le total des co-publications internationales. Notons que cet indicateur est symétrique : il aura la même valeur pour le partenaire, car le nombre de co-publications internationales de la France sera interverti avec le nombre de co-publications du partenaire dans la formule de calcul. L'indice d'affinité vaut 1 si le partenaire co-publie avec la France à son niveau potentiel, estimé par sa part dans les co-publications internationales totales.

Les États-Unis sont le premier partenaire scientifique de la France, mais l'affinité scientifique entre les deux pays est modérée (0,65). À l'inverse, la Russie est un partenaire modeste pour la France, mais son indice d'affinité scientifique dépasse d'un tiers la valeur neutre. Quatre pays dépassent nettement cette valeur parmi les principaux partenaires scientifiques de la France : la Belgique qui a l'indicateur le plus élevé, l'Italie, la Suisse et l'Espagne. Les indices d'affinité avec les deux grands partenaires européens que sont l'Allemagne et le Royaume-Uni sont en revanche proches de la valeur neutre, un peu supérieur pour le premier et inférieur pour le second. Ces profils de coopération confirment qu'au sein de l'UE et au-delà des incitations des programmes européens en faveur de la recherche, les proximités culturelles et géographiques jouent un rôle dans le choix des partenaires.

Parmi les principaux partenaires de la France, la Chine a l'indice d'affinité scientifique le plus faible, inférieur à 0,4. La part de la Chine a fortement augmenté au cours de la dernière décennie, mais, à 6 %, elle reste

faible. De plus, la part de la France dans les co-publications internationales de la Chine s'est érodée au cours de la période. La part de la France s'est aussi réduite dans les co-publications internationales des États-Unis et de l'Espagne. Elle a à l'inverse crû avec différents partenaires européens, avec l'Australie et le Japon.

Graphique 25. Part des co-publications internationales de la France avec ses principaux partenaires (droite), part de la France dans leurs co-publications internationales (gauche) et affinité scientifique



3.4.2. Spécialisation des co-publications internationales de la France

Le tableau 5 suggère que les partenaires des co-publications internationales se sélectionnent mutuellement en fonction de leurs points forts respectifs. Les co-publications de la France reflètent ainsi à la fois son propre profil scientifique et celui de ses partenaires.

C'est en mathématiques, discipline de plus forte spécialisation de la France, que les co-publications sont aussi les plus spécialisées, avec des partenaires coréens, japonais et italiens. Le Japon et la Corée du Sud représentent une faible part des co-publications internationales de la France (inférieure à leur part dans les publications mondiales). À l'inverse, l'Italie est un partenaire important et un pays lui-même spécialisé en mathématiques (graphique 17c).

En physique, les plus forts indices des co-publications françaises sont atteints avec le Japon, la Corée du Sud et l'Allemagne, pays les plus spécialisés dans la discipline au sein du Référentiel France. L'Allemagne étant un partenaire de poids pour la France, cette spécialisation représente un volume de publications important. En outre, les co-publications de la France sont spécialisées en physique avec tous les pays du référentiel. En sciences de l'univers, la spécialisation est équivalente ou supérieure à celle du total des publications pour les co-publications avec l'Espagne, le Royaume-Uni et les États-Unis, premier partenaire de la France. En informatique, la spécialisation des co-publications dépasse celles du total des publications avec la Corée du Sud, l'Italie, l'Espagne et la Suède. Les États-Unis sont le seul partenaire du référentiel avec lequel les co-publications de la France ne sont pas spécialisées en informatique.

Tableau 5. Indice de spécialisation des co-publications bilatérales^a de la France, 2015

Disciplines par ordre décroissant de spécialisation de la France	DEU	ESP	GBR	ITA	JPN	KOR	NLD	SWE	USA	Tous partenaires
Mathématiques	1,69	1,82	1,24	1,96	1,98	2,59	0,88	1,11	1,53	1,47
Physique	1,61	1,29	1,12	1,43	2,4	2,76	1,18	1,31	1,09	1,32
Sciences de l'univers	0,87	1,35	1,18	0,97	0,89	0,95	1,01	1,08	1,17	1,17
Informatique	1,11	1,3	1,01	1,45	1,08	2,25	1	1,29	0,89	1,15
Biologie fondamentale	1,1	0,96	1,04	0,77	0,73	0,32	1,11	1,2	1,19	0,95
Recherche médicale	0,65	0,55	0,92	0,86	0,49	0,3	1,12	0,83	1,05	0,77
Sciences humaines	0,49	0,85	1,32	0,81	0,25	0,33	0,86	0,55	0,94	0,68
Sciences pour l'ingénieur	0,98	1,1	0,78	1,07	0,9	2,07	1,01	0,87	0,67	1,03
Chimie	1,3	1,38	0,88	0,99	1,43	1,03	0,54	1,07	0,58	1,08
Biologie appliquée-écologie	0,71	1,2	0,75	0,78	0,72	0,8	0,87	0,91	0,77	0,89
Sciences sociales	0,36	0,49	1,13	0,49	0,27	0,43	1,09	0,86	0,69	0,62

a. Co-publications ne comportant que des signataires de chacun des deux partenaires. L'indice de spécialisation rapporte la part des co-publications de la France avec un partenaire dans une discipline à ce même ratio pour le total des co-publications bilatérales mondiales. La normalisation par la part de la discipline dans le total des publications mondiales donne des résultats similaires concernant les comparaisons entre disciplines.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-5

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les co-publications bilatérales de la France ne sont globalement pas spécialisées en biologie fondamentale et en recherche médicale, mais elles le sont avec certains pays eux-mêmes spécialisés, comme les États-Unis ou les Pays-Bas. En sciences pour l'ingénieur, la spécialisation des co-publications est élevée avec la Corée du Sud, mais faible avec les autres partenaires du référentiel. La chimie est la discipline de plus forte spécialisation des co-publications avec l'Allemagne et avec l'Espagne : les trois pays ont un niveau de spécialisation équivalent, proche de 1.

L'impact déterminant des profils scientifiques nationaux sur le profil des co-publications est sensible en sciences humaines et sociales. Les co-publications bilatérales ne sont spécialisées en sciences humaines avec aucun des pays du référentiel, sauf le Royaume-Uni. Et sur l'ensemble des co-publications bilatérales, la spécialisation de la France est inférieure à sa valeur toutes publications confondues. En sciences sociales, les co-publications bilatérales sont spécialisées avec le Royaume-Uni et les Pays-Bas, pour une valeur globale équivalente à celle du total des publications. Il est possible que la non-spécialisation française en sciences humaines et sociales, combinée à un impact relativement faible de ses publications dans ces disciplines, pèse sur l'attractivité de la France comme partenaire. Symétriquement, les chercheurs français dans ces disciplines pourraient avoir un engagement limité dans des coopérations internationales. Ces hypothèses devraient être examinées à un grain plus fin de nomenclature, ce qui ne peut pas être entrepris dans le cadre de ce rapport. Elles pourraient l'être notamment en lien avec les analyses de la participation aux projets des programmes cadres européens qui soulignent le faible taux de candidatures françaises en sciences humaines et sociales²⁵.

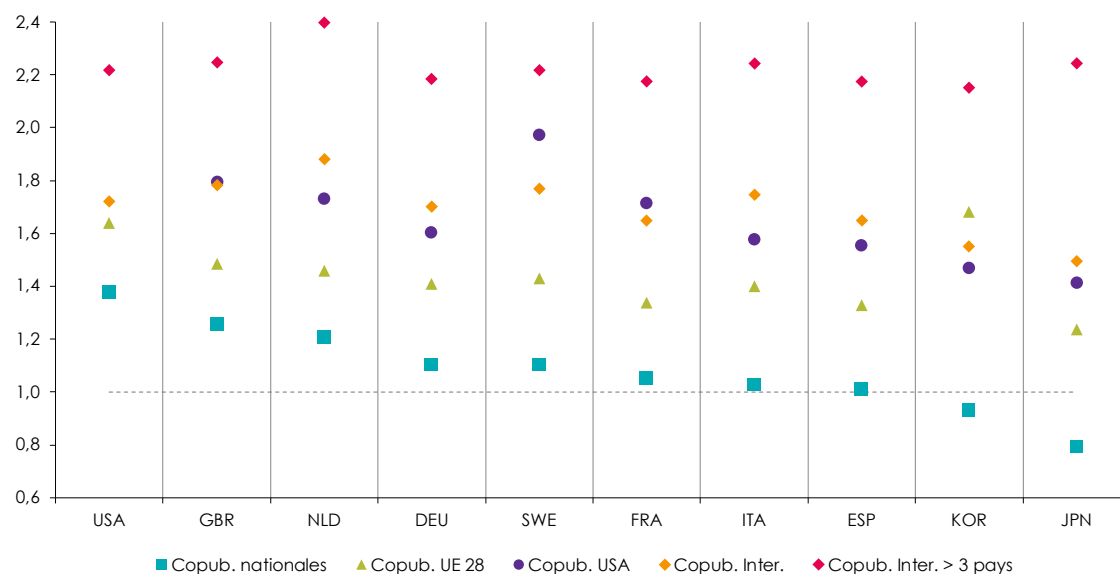
3.4.3. Impact scientifique des co-publications françaises selon les partenaires et les disciplines

Les co-publications internationales tendent à avoir des impacts scientifiques supérieurs à l'ensemble des publications, que ce soit au niveau national (Winkler et al. 2015, Jonkers et Wagner 2017, OCDE 2017) ou institutionnel (Khor et Yu 2016). Ce phénomène régulièrement observé peut être dû au fait même qu'il y a plusieurs auteurs, mais aussi au fait que la coopération internationale étant coûteuse, les projets et les auteurs suivent un processus de sélection exigeant, ou encore au fait que ces coopérations rendent possibles des complémentarités particulièrement pertinentes.

25. Voir par exemple Wiewiorka (2017).

Le graphique 26 compare l'impact des co-publications au sein des pays du Référentiel France avec l'impact de différents types de co-publications internationales. Il confirme que les co-publications internationales ont des impacts supérieurs aux co-publications nationales²⁶, mais souligne aussi que l'ampleur de l'écart varie selon les partenaires.

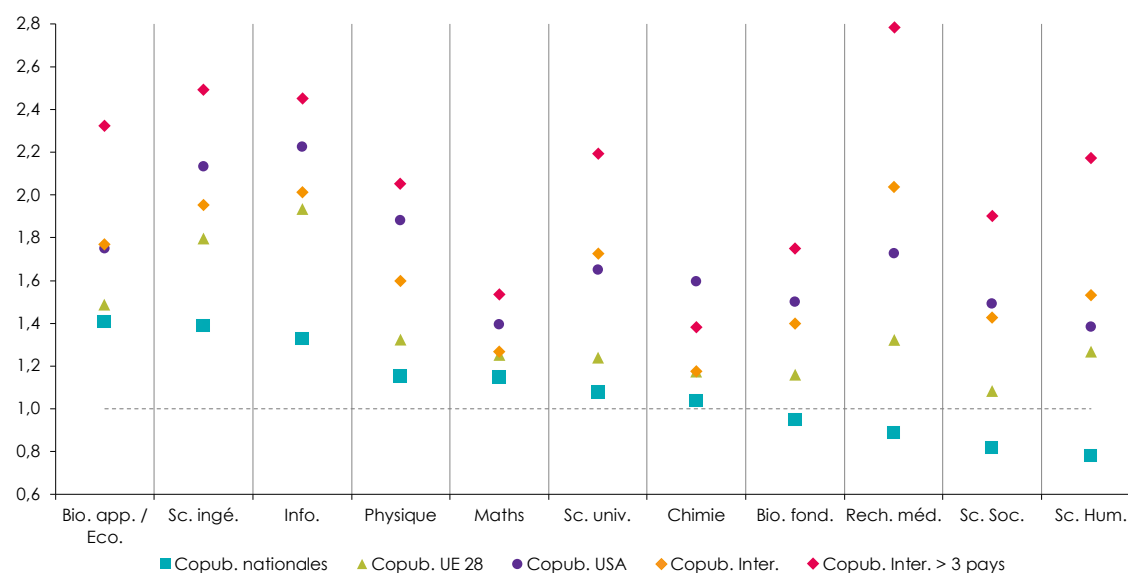
Graphique 26. Impact des co-publications selon les partenaires nationaux ou étrangers, Référentiel France, 2013



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-26

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 27. Impact des co-publications de la France selon les partenaires, par discipline, 2013



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-27

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les co-publications entre partenaires de l'UE, qui sont fréquentes (graphique 25), ont en moyenne un impact inférieur aux co-publications avec des partenaires extra-européens. Ces co-publications qui impliquent souvent plusieurs partenaires européens ont généralement un impact inférieur aux co-publications bilatérales avec les États-Unis²⁷. Celles-ci ont même un impact supérieur à la moyenne des

26. Ces dernières ont généralement un impact supérieur aux publications nationales sans collaboration, qui ne figurent pas sur le graphique.

27. L'exception étant la Corée du Sud.

co-publications internationales pour la Suède, qui coopère intensément avec ses voisins scandinaves. L'impact des co-publications bilatérales avec les États-Unis est équivalent à l'impact des co-publications internationales pour le Royaume-Uni (1,8) et pour la France (1,7). Pour tous les pays du référentiel, l'impact maximal est celui des co-publications multilatérales impliquant plus de trois pays. Cet impact est de l'ordre de 2,2 pour les différents pays et atteint 2,4 pour les Pays-Bas, dont tous les types de publications ont les indicateurs d'impact les plus élevés du Référentiel France.

Le graphique 27 souligne dans le cas de la France que l'impact supérieur des co-publications internationales se vérifie dans les différentes disciplines, mais avec une ampleur très variable. En mathématiques, l'impact des co-publications internationales est modérément supérieur à celui des co-publications nationales. L'écart est beaucoup plus grand dans les cas de la recherche médicale, de l'informatique ou des sciences humaines. Le pourcentage d'augmentation par rapport à la valeur de l'indicateur IND est le plus élevé pour la recherche médicale et les sciences humaines et sociales. Ces disciplines sont cependant celles où la part des co-publications internationales tend à être relativement faible (graphique 24).

L'impact des co-publications avec les États-Unis, toujours supérieur à celui des co-publications intra-UE, varie selon les disciplines²⁸. Il est supérieur à l'impact de l'ensemble des co-publications internationales en physique, informatique, sciences pour l'ingénieur, chimie, mathématiques et biologie fondamentale. En chimie, l'impact des co-publications avec les États-Unis est même supérieur à celui des co-publications à plus de trois pays.

L'encadré 4 montre que les co-publications avec la Chine ont généralement un impact inférieur, mais qui a connu une augmentation rapide au cours de la première décennie du 21^e siècle. Dans le cas de la France, en 2013, l'impact moyen des co-publications avec la Chine est de 1,5, celui des co-publications avec les États-Unis étant de 1,7 (graphiques E4 et 26).

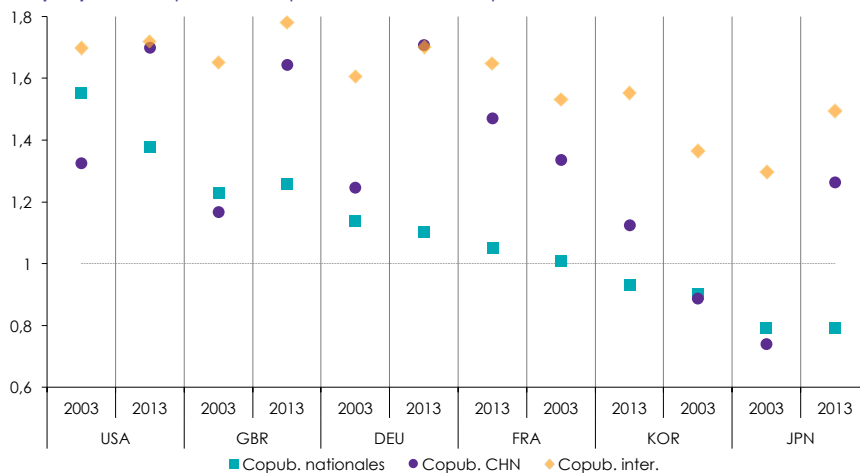
Encadré 4. Influence de la dynamique de la Chine. 4. Impact des co-publications avec la Chine

Les collaborations scientifiques internationales de la Chine restent modestes au regard de son fort volume de production : sur la période considérée, entre 17 et 23 % des publications chinoises ont résulté de collaborations internationales. L'impact des co-publications bilatérales de la Chine avec différents partenaires a fortement augmenté. En 2003, il était proche de celui des co-publications entre institutions nationales dans plusieurs pays et sensiblement inférieur à celui des co-publications internationales en général (graphique E4). En 2013, les publications en collaboration bilatérale avec la Chine ont un impact supérieur aux co-publications entre institutions d'un même pays. Leur impact reste généralement moins élevé que celui des co-publications internationales.

Une comparaison avec le graphique 26 montre en particulier que les co-publications avec la Chine tendent à avoir un impact inférieur aux co-publications avec les États-Unis. En 2013, leur impact est néanmoins équivalent à celui des co-publications internationales tous pays confondus pour l'Allemagne et les États-Unis. Il faudrait analyser précisément ce phénomène, par exemple en examinant la spécialisation par discipline de ces co-publications ou le rôle de la mobilité des étudiants et des chercheurs entre partenaires.

L'impact des co-publications avec la Chine contribue à expliquer que dans un monde sans la Chine, l'impact moyen des publications serait plus faible (encadré 3).

Graphique E4. Impact des co-publications selon les partenaires, 2013



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E4

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

28. Glänzel (2001) fournit des indicateurs d'impact des co-publications bilatérales d'une sélection de pays par discipline. Il montre que la valeur des indicateurs d'impact varie selon les couples partenaire-discipline, même si la co-publication avec certains pays tend à toujours avoir une influence positive sur l'impact.

4 Caractérisation des publications de la France en mathématiques

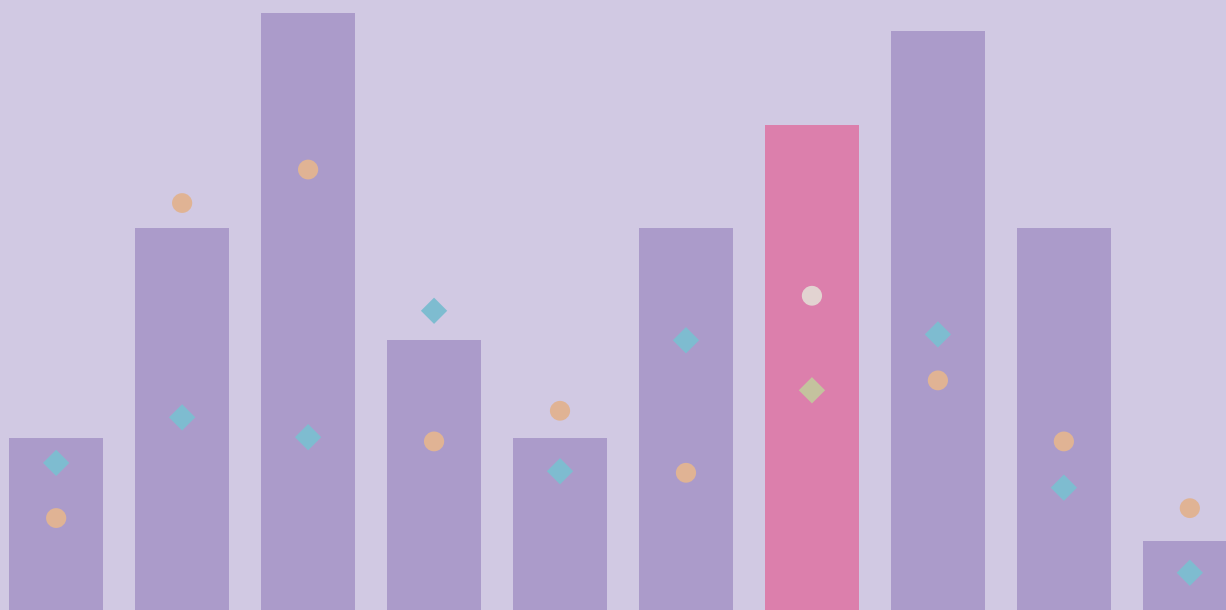
4.1. Volume de publications et spécialisation en mathématiques	65
4.2. Impact des publications en mathématiques	69
4.3. Publications et mobilité des lauréats de prix internationaux en mathématiques	78
4.4. Co-publications en mathématiques et leur impact	82

Encadrés :

Le corpus Revues A*

1 - Rang des pays et composition par domaine mathématique	68
2 - Indicateur d'impact par pays	74

Classement des publications dans les domaines de recherche en mathématiques	77
---	----



Le profil scientifique de la France se distingue par une forte spécialisation en mathématiques, avec une part de la discipline dans le total des publications de 70 % supérieure à la moyenne mondiale. Dans les années 2010, la France et la Russie sont les seules à être aussi spécialisées en mathématiques au sein des 10 premiers producteurs de publications scientifiques. Les États-Unis atteignent un indice de spécialisation aussi élevé en sciences humaines, le Royaume-Uni en sciences sociales et la Chine en chimie. Les Pays-Bas et le Royaume-Uni sont les seuls à dépasser ce degré de spécialisation, tous deux en sciences humaines²⁹.

Cette forte spécialisation, qui s'inscrit dans la durée, justifie que ce rapport consacre une analyse approfondie à cette discipline. Afin de caractériser la production scientifique de la France en mathématiques, l'analyse est menée sur trois corpus de publications différents, à deux grains de nomenclature et pour un référentiel pays adapté.

Le premier corpus est celui des revues que la nomenclature de la base OST attribue à la grande discipline mathématiques, en cohérence avec les deux premières parties de ce rapport. C'est pour ce corpus le plus large qu'est calculé le plus grand nombre d'indicateurs. Le deuxième corpus est celui des articles parus dans les revues considérées comme les meilleures par la *Australian Mathematical Society* ; la liste de ces revues A* est fournie à l'annexe A4. Les indicateurs calculés sur ce corpus très sélectif sont présentés dans une série d'encadrés. Le troisième corpus est constitué des publications parues entre 2000 et 2015 des lauréats de la médaille Fields ou des prix Abel, Gauss et Wolff en mathématiques. L'analyse de ce corpus fait l'objet d'une partie spécifique (4.3). Entre 2000 et 2015, la base OST recense près de 600 000 publications en mathématiques ; le corpus des revues A* en compte moins de 8 000 et le corpus des mathématiciens primés un peu plus de 1 000³⁰.

Les analyses relatives aux deux corpus complémentaires sont distinguées dans la suite et, sans précision particulière, les indicateurs et résultats correspondent au corpus principal de la base OST. Les indicateurs qui sont calculés sur chacun des trois corpus sont définis de la même façon que dans l'ensemble du rapport³¹. La seule adaptation porte sur le calcul des indicateurs d'impact avec une fenêtre de citation de 5 ans³² afin de tenir compte du rythme de citation en mathématiques.

Le référentiel pays est constitué des pays publiant le plus en mathématiques ou étant les plus spécialisés dans cette discipline. Dans la mesure où une analyse est menée sur les publications des lauréats de prix internationaux en mathématiques, les pays qui comptent au moins un lauréat ont été intégrés dans le *Référentiel mathématiques*. Il compte ainsi 17 pays : Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Chine, Espagne, États-Unis, France, Royaume-Uni, Iran, Israël, Italie, Japon, Pays-Bas, Roumanie, Russie.

L'analyse prend en compte les publications des quatre domaines de la discipline qui sont distingués dans la nomenclature de la base de données OST. Elle s'appuie sur le classement des revues en plus de 250 domaines de recherche de la base Web of Science. Certaines revues sont classées dans deux ou plusieurs domaines. Le tableau 6 précise la description des domaines de la grande discipline mathématiques. Les revues ou conférences consacrées spécifiquement à l'application de méthodes mathématiques dans certaines disciplines, telles que la biologie, peuvent être aussi classées dans d'autres domaines de recherche et disciplines. Différents indicateurs sont calculés successivement pour la discipline mathématiques et pour les domaines de recherche qui la composent.

29. Ces rappels s'appuient notamment sur les données de la partie consacrée à la spécialisation de la France ci-dessus, et de l'encadré 2 sur la Chine.

30. En compte fractionnaire. Le tableau A4b en annexe fournit la distribution par pays pour les trois corpus et pour les publications du centile le plus cité en mathématiques, qui compte près de 6 000 publications.

31. Dubois et al. (2013) adoptent un corpus spécifique et un indicateur d'impact spécifique, à partir d'une analyse des pratiques des revues en mathématiques qui tient compte notamment du nombre de pages moyen des revues.

32. Plutôt que 3 ans dans le reste du rapport.

Tableau 6. Les quatre domaines de recherche de la discipline mathématiques

Nom du domaine et son abréviation	Description des domaines de recherche de la discipline Mathématiques dans la documentation de la base Web of Science
Mathématiques fondamentales (Maths F)	<i>Mathematics</i> covers resources having a broad, general approach to the field. The category also includes resources focusing on specific fields of basic research in Mathematics such as topology, algebra, functional analysis, combinatorial theory, differential geometry and number theory.
Mathématiques appliquées (Maths A)	<i>Mathematics, Applied</i> covers resources concerned with areas of mathematics that may be applied to other fields of science. It includes areas such as differential equations, numerical analysis, nonlinearity, control, software, systems analysis, computational mathematics and mathematical modeling. Resources that are concerned with mathematical methods and whose primary focus is on a specific non-mathematics discipline (except biology) such as psychology, history, economics etc., are covered in the MATHEMATICS, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS category. Resources focusing on mathematical biology are covered in the MATHEMATICAL & COMPUTATIONAL BIOLOGY category.
Statistique & Probabilités (Stat & Proba)	<i>Statistics & Probability</i> covers resources concerned with methods of obtaining, analyzing, summarizing, and interpreting numerical or quantitative data. Resources on the study of the mathematical structures and constructions used to analyze the probability of a given set of events from a family of outcomes are also covered.
Mathématiques pour applications interdisciplinaires (Maths AI)	<i>Mathematics, Interdisciplinary Applications</i> includes resources concerned with mathematical methods whose primary focus is on a specific non-mathematics discipline (except biology) such as psychology, history, economics, etc. Resources that deal with mathematical biology are covered in the MATHEMATICAL AND COMPUTATIONAL BIOLOGY category. Resources that focus on specific mathematical topics such as differential equations, numerical analysis, nonlinearity, etc., are covered in the MATHEMATICS, APPLIED category.

Source : Base Web of Science, Clarivate Analytics, traduction des titres OST

4.1. Volume de publications et spécialisation en mathématiques

Dans la base OST, le nombre de publications en mathématiques dans le monde est passé de 24 000 en 2000 à 50 000 en 2015, soit une croissance annuelle moyenne un peu supérieure à 5 %. Les États-Unis sont de loin le pays qui a publié le plus sur l'ensemble de la période, suivi de la Chine puis la France (graphique 28). Les pays du référentiel représentent 75 % de la production mondiale en mathématiques et les deux premiers producteurs un tiers.

Parmi les pays publiant le plus en mathématiques, la Chine se distingue par une forte croissance de 15 % par an. La France et les États-Unis présentent des taux de croissance inférieurs à 3 %. Le graphique 29 souligne cette forte progression de la Chine : son volume de publications dépasse celui de l'Allemagne en 2002, de la France en 2003 et des États-Unis en 2012. En 2015, la part de la Chine dans les publications mondiales en mathématiques dépasse 19 %, contre 16 % pour les États-Unis. La France est le 3^e pays publiant le plus en mathématiques. Pour la période 2000-15, ses publications représentent 6 % de la production mondiale, soit une part de 70 % supérieure à sa part du total toutes disciplines confondues (graphiques 4a et E1b). Depuis le début du 21^e siècle, le Royaume-Uni, troisième producteur mondial de publications scientifiques, est passé du 5^e au 8^e rang en mathématiques.

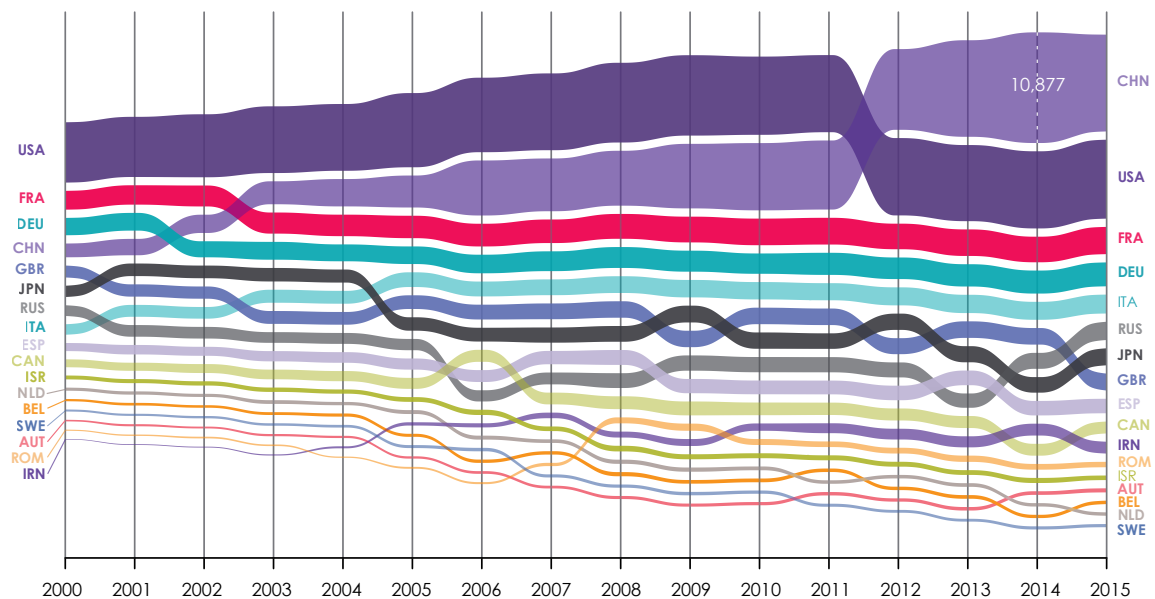
Graphique 28. Publications en mathématiques et taux de croissance annuelle, pays du référentiel, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-28

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 29. Évolution du nombre de publications en mathématiques des pays du référentiel, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-29

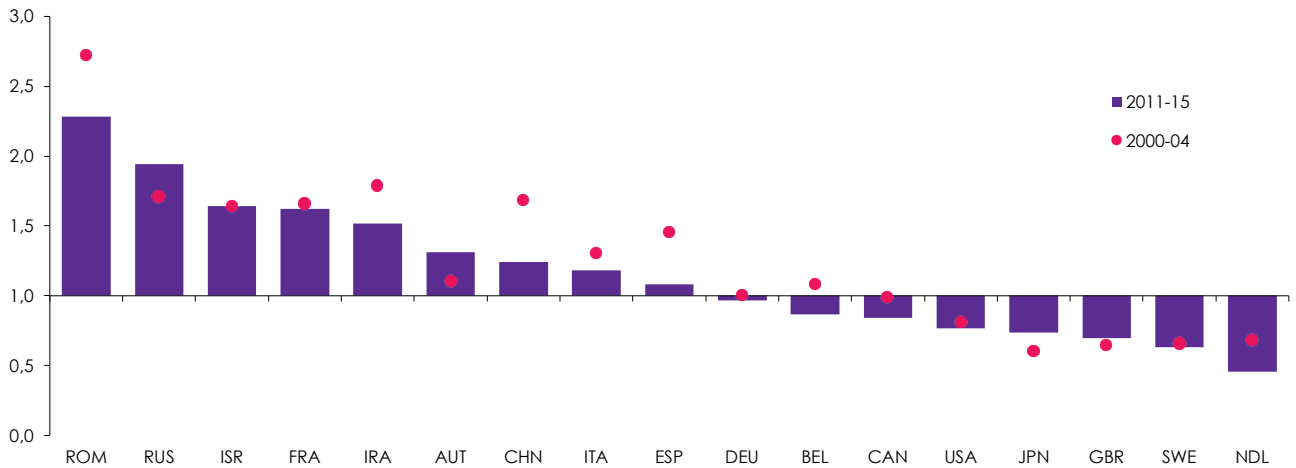
Source : Base OST-WoS, calculs OST

Sur la période, le degré de spécialisation en mathématiques augmente sensiblement en Russie et en Autriche. Il baisse à l'inverse en Roumanie, Iran, Chine, Italie, Espagne, Belgique, Canada et Pays-Bas (graphique 30). Le classement des pays les plus spécialisés en mathématiques évolue assez peu, mais la France devient plus spécialisée que l'Iran, l'Autriche et la Chine. Parmi les plus grands pays scientifiques, les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne et le Japon ne sont pas spécialisés en mathématiques.

Au niveau mondial, les deux principaux domaines de recherche de la discipline sont les Mathématiques fondamentales (44 %) et les Mathématiques appliquées (36 %). Le graphique 31 souligne cependant que la distribution par domaines varie sensiblement selon les pays. Pour l'ensemble de la période, la part

des Mathématiques fondamentales dépasse la moitié de la production dans trois pays uniquement, la Russie, le Japon et Israël. En France, la part des Mathématiques fondamentales approche la moitié de la production (49 %). Cette part est inférieure à 40 % dans trois pays du référentiel : les Pays-Bas, la Chine et la Belgique. En Chine, ce sont les Mathématiques appliquées qui représentent près de la moitié de la production (49 %), soit la part la plus élevée des pays du référentiel. La part des Mathématiques appliquées dépasse 40 % dans quatre autres pays : la Roumanie, l'Autriche, l'Iran et l'Italie.

Graphique 30. Indice de spécialisation en mathématiques, pays du référentiel

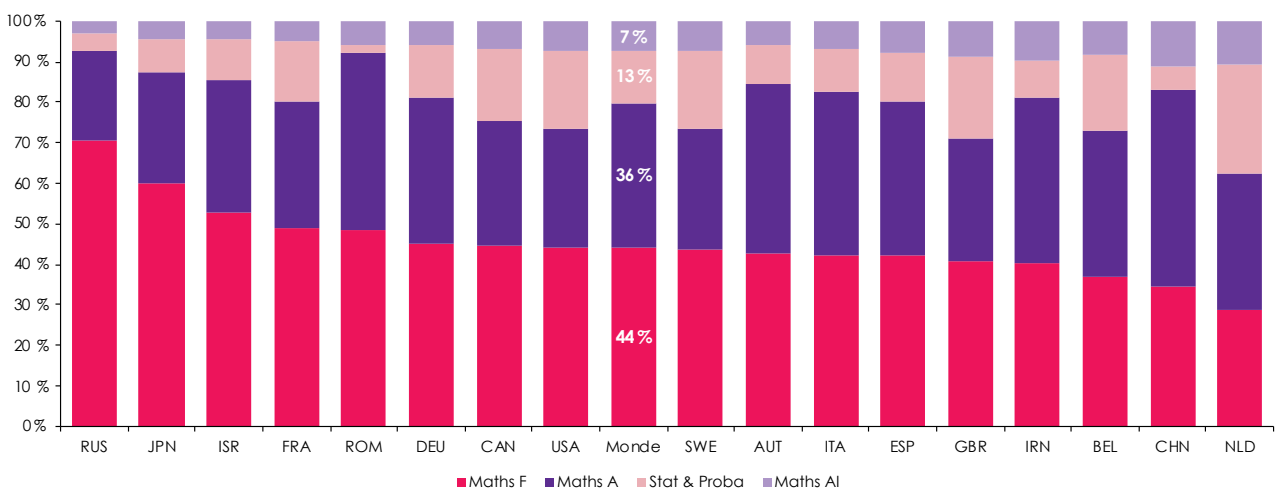


www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-30

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

La part du domaine Statistique & Probabilités est de 13 % dans le monde. Elle dépasse 20 % aux Pays-Bas et au Royaume-Uni, 15 % en Suède, aux États-Unis, au Canada et en Belgique. En France, elle est juste au-dessus de la moyenne mondiale à 14 %. Les mathématiques pour applications interdisciplinaires représentent un peu plus de 7 % au niveau mondial et ce domaine sera traité avec moins de détail que les trois autres dans la suite de l'analyse. Il accroit cependant sa part depuis quelques années au détriment des Mathématiques appliquées. C'est notamment le cas pour la Chine où il représente 11 %, ce qui pourrait mériter une analyse spécifique des revues et des thématiques concernées.

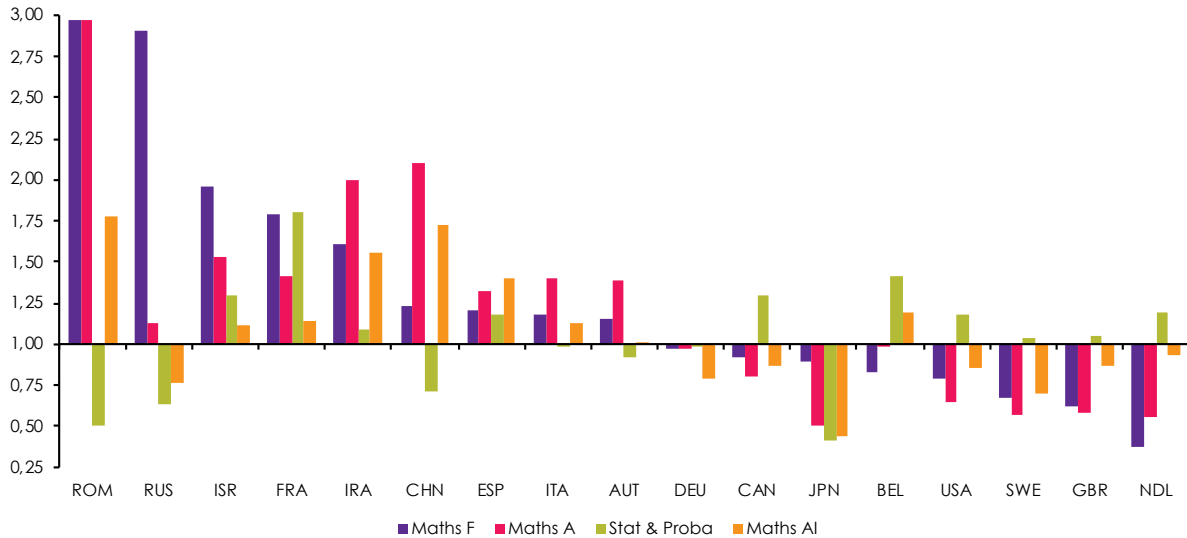
Graphique 31. Distribution de la production en mathématiques par domaine, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-31

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 32. Indice de spécialisation par domaine des mathématiques, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-32

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les quatre pays les plus spécialisés en mathématiques sont aussi les plus spécialisés dans le domaine Mathématiques fondamentales (graphique 32). La France a l'indice de spécialisation le moins élevé des quatre, mais atteignant tout de même 1,8. La Russie et la Roumanie ont des indices extrêmement élevés, approchant 3. La Roumanie présente la particularité d'être aussi fortement spécialisée en Mathématiques appliquées. La Chine et l'Iran sont les deux autres pays du référentiel les plus spécialisés en Mathématiques appliquées, avec une part du domaine deux fois plus élevée que dans les publications mondiales.

La France est l'un des rares pays spécialisés dans les quatre domaines, avec Israël, l'Espagne et l'Iran. La France est aussi le pays du référentiel le plus spécialisé en Statistique & Probabilités, suivie par la Belgique, le Canada et Israël. Le Canada, les États-Unis, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suède ne sont spécialisés que dans le domaine Statistique & Probabilités. À l'inverse, les pays émergents du référentiel tendent à ne pas être spécialisés en Statistique & Probabilités. L'Allemagne et le Japon ne sont spécialisés dans aucun des domaines de recherche de la discipline.

La part des publications mondiales de différents pays est sensiblement modifiée dans le corpus plus sélectif des revues les mieux classées par l'*Australian Mathematical Society* (AustMS, encadré 6). Dans ce corpus, la part des États-Unis atteint près de 34 % des publications mondiales, la part de la France près de 10 % et celle de l'Allemagne 7 %. Avec 6 %, la part de la Chine est à l'inverse divisée par plus de 2. Dans ce corpus, la France est ainsi le deuxième producteur du Référentiel mathématiques, devant l'Allemagne et la Chine dont la part est quasiment égale à celle du Royaume-Uni en cinquième position.

Encadré 6. Le corpus Revues A* : 1. Rang des pays et composition par domaine mathématique

Le tableau E6 souligne les différences de parts mondiales selon qu'elles soient calculées sur l'ensemble de la base OST ou sur le corpus des revues A* de l'AustMS (liste à l'annexe A4). Ces différences s'expliquent largement par le fait que les pays émergents ont une faible part de leur production qui paraît dans les revues A*. Ce corpus représente 12 % des publications de la discipline mathématique recensées au niveau mondial, mais seulement 5 % des publications chinoises et roumaines, 4 % des publications russes et moins de 2 % des publications iraniennes. En conséquence, la part mondiale des pays à hauts revenus et historiquement intensifs en recherche est généralement plus élevée dans ce corpus. La part des États-Unis, augmente de près de 70 % pour atteindre 34 %, celle de la France augmente de 52 % pour atteindre 10 % et celle de l'Allemagne augmente de 46 % pour atteindre 7 %. L'écart varie cependant ; il approche 30 % pour l'Autriche, mais est faible pour l'Italie et les Pays-Bas, nul pour la Belgique et négatif pour le Japon.

Les disparités de part entre les deux corpus s'expliquent premièrement par leur composition. Le corpus Revues A* donne un poids sensiblement plus fort aux Mathématiques fondamentales et plus faible aux deux domaines de Mathématiques appliquées (graphique E6). Il tend ainsi à réduire le poids des pays les plus spécialisés en Mathématiques appliquées, qui sont souvent des pays émergents. La part réduite des domaines de Mathématiques appliquées, dans le corpus Revues A* peut aussi avoir des effets sensibles pour certains autres pays. Ainsi, pour la France ou les États-Unis, l'augmentation du poids des Mathématiques fondamentales se fait-elle au détriment des Mathématiques appliquées et pas du domaine Statistique & Probabilités. Pour les Pays-Bas, le poids du domaine Statistique & Probabilités devient équivalent à celui de Mathématiques appliquées. Les indicateurs calculés sur le corpus Revues A* seront donc relativement plus influencés par les publications en Mathématiques fondamentales et, dans une moindre mesure, en Statistique & Probabilités⁹.

Le corpus Revues A* est plus sélectif, y compris au sein des Mathématiques fondamentales. Cet effet pourrait expliquer la plus faible part de la Russie, qui n'est que d'un tiers de sa part dans la base OST, alors que sa production est fortement orientée vers les Mathé-

matiques fondamentales. La faible part de la Russie la fait sortir des 10 premiers producteurs de publications en mathématiques, la 10^e place revenant à Israël (tableau E6). À partir d'une sélection d'un corpus d'articles parus entre 1984 et 2006 dans une centaine de revues recensées par l'*American Mathematical Society*^c, Dubois et al. (2013) ont obtenu cette même liste des 10 premiers pays avec des parts un peu différentes. Les auteurs expliquaient la faible représentation de la Russie par le fait que les mathématiciens russes avaient traditionnellement publié dans des revues nationales en langue russe peu lues par la communauté internationale. Cette caractéristique de la communauté des mathématiciens russes serait à vérifier sur la période plus récente.

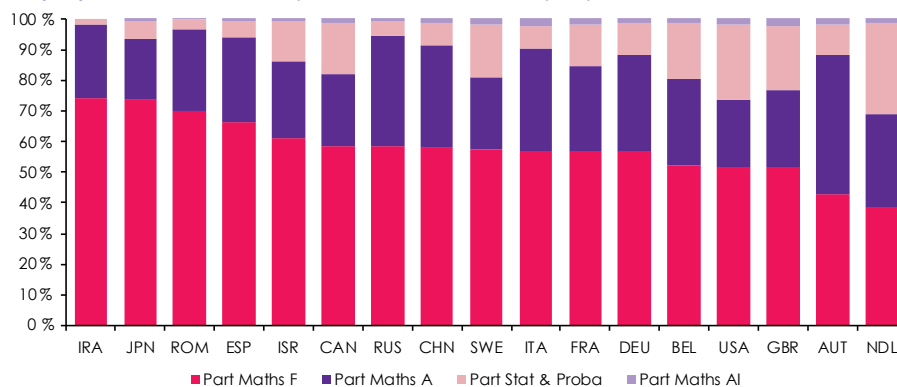
Tableau E6. Part mondiale des publications en mathématiques : corpus OST et Revues A*, 2000-15

Pays	Part mondiale Base OST, %	Part mondiale Revues A*, %	Proportion de publications dans Revues A*, %	Changement de rang entre WoS et Revues A*	Nombre moyen de publications par an, Base OST ^a
États-Unis	20,1 %	33,5 %	21,4 %	0	7 174
Chine	13,4 %	6,1 %	5,3 %	-2	5 401
France	6,5 %	9,9 %	19,8 %	+1	2 330
Allemagne	5,4 %	6,9 %	16,4 %	+1	1 949
Italie	4,2 %	4,4 %	13,6 %	-1	1 520
Royaume Uni	4,1 %	6,0 %	18,9 %	+1	1 465
Japon	4,0 %	3,9 %	12,5 %	0	1 444
Russie	3,5 %	1,2 %	4,1 %	-3	1 316
Espagne	3,3 %	3,0 %	11,5 %	0	1 122
Canada	3,0 %	3,5 %	14,5 %	+2	1 102
Iran	1,4 %	0,2 %	1,7 %	-6	580
Israël	1,3 %	1,8 %	17,4 %	+2	463
Roumanie	1,0 %	0,4 %	4,6 %	-3	382
Pays-Bas	1,0 %	1,1 %	13,8 %	+2	354
Belgique	0,9 %	0,9 %	13,1 %	+2	320
Suède	0,8 %	0,9 %	14,6 %	+2	284
Autriche	0,7 %	0,9 %	14,7 %	+2	277
Total monde	100 %	100 %	12,0 %	-	37 255

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-E6

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique E6. Distribution des publications en mathématiques par domaine, Revues A*, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E6

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

a. Compte fractionnaire, arrondi à l'unité

b. L'Autriche est une exception car les parts des différents domaines restent équivalentes, notamment Mathématiques appliquées.

c. Correspondant aujourd'hui à la base de données MathScinet.

4.2. Impact des publications en mathématiques

L'impact des publications en mathématiques est analysé avec l'indicateur d'impact normalisé qui est complété par l'impact des revues. Dans un second temps, l'analyse se concentre sur les indicateurs relatifs aux décile et centile des publications les plus citées au monde. Les deux types d'indicateurs sont calculés pour la discipline dans son ensemble, puis par domaine de recherche en mathématique.

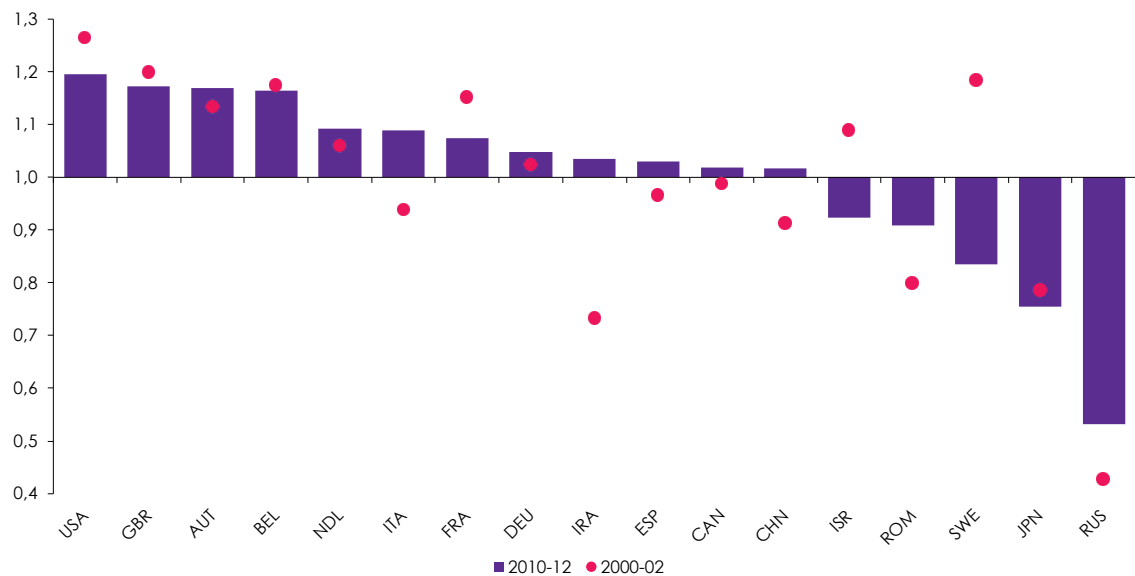
L'ensemble des indicateurs d'impact sont calculés avec une fenêtre de citation de 5 ans pour tenir compte des délais spécifiques de citation de la discipline. L'annexe méthodologique montre en étendant la période de citation à 10 ans que les indicateurs d'impact évoluent peu après 4 ans et en particulier que les rangs des différents pays ne sont plus modifiés.

4.2.1. Impact par domaine de recherche en mathématiques

Les publications en mathématiques des pays du référentiel dans la base OST ont des niveaux d'impact à cinq ans³³ très variés et qui évoluent de façon diverse depuis 2000. L'indice IND des publications américaines reste le plus élevé, mais sa baisse le rapproche de celui des publications britanniques, autrichiennes et belges, un peu en dessous de 1,2 (graphique 33). Les Pays-Bas, l'Italie et la France ont aussi des indices d'impact proches, autour de 1,1 en 2010-12. L'Italie est passée d'un impact inférieur à la moyenne mondiale au début des années 2000 (0,9) à un impact de 10 % supérieur au début des années 2010. Depuis 2000, l'impact de la France s'est tassé, passant en dessous de celui de l'Autriche.

Les impacts de la Suède et d'Israël ont sensiblement baissé pour devenir inférieurs à la moyenne mondiale. À l'inverse, plusieurs pays émergents ont enregistré des progressions, alors même que leur volume de publications augmentait : l'Iran, la Roumanie et la Chine. La Russie progresse, tout en restant le pays dont l'impact est le plus faible au sein du *Référentiel mathématiques*. Le Japon conserve l'impact le plus faible des pays intensifs en recherche du référentiel.

Graphique 33. Indice IND en mathématiques, 2000-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-33

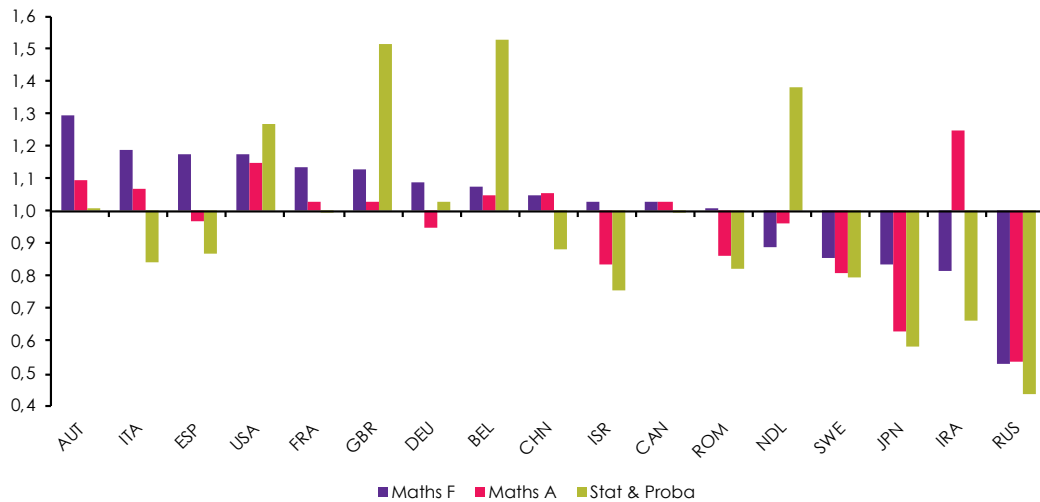
Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le graphique 34 souligne que les indices d'impact pour l'ensemble de la discipline résultent d'indices qui peuvent être très différents selon les domaines de recherche. Pour la période 2010-12, les pays ayant les impacts les plus élevés dans la discipline (graphique 33) enregistrent des impacts supérieurs à la moyenne mondiale pour les trois domaines principaux détaillés par le graphique 34 : les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Autriche et la Belgique. Symétriquement, la Russie, le Japon et la Suède enregistrent des impacts inférieurs à la moyenne mondiale dans les trois domaines.

Certains pays ont des performances très contrastées. La Belgique et le Royaume-Uni ont un nombre de citations par publication de plus de 50 % supérieur à la moyenne mondiale en Statistique & Probabilités et des performances plus moyennes par ailleurs. Les Pays-Bas ont un IND élevé en Statistique & Probabilités, alors qu'il est inférieur à la moyenne mondiale dans les autres domaines. La France a un IND supérieur de près de 15 % à la moyenne mondiale en Mathématiques fondamentales, et sensiblement plus faible dans les autres domaines.

33. L'annexe méthodologique précise que la fenêtre de citation pour cette partie est de 5 ans pour tenir compte des spécificités des mathématiques.

Graphique 34. Indice d'impact par domaine de recherche en mathématiques^a, 2010-12



a. Le domaine mathématiques pour applications interdisciplinaires dont le poids est faible n'est pas figuré.

 www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-34

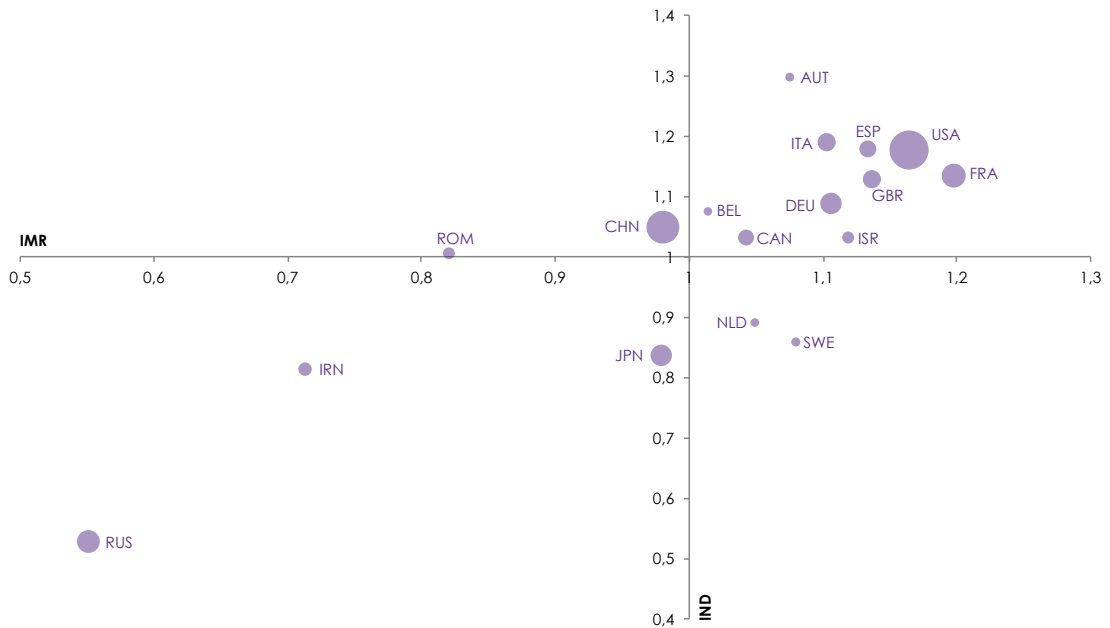
Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les graphiques 35a à 35c permettent d'examiner par domaine mathématique la relation entre l'indice d'impact moyen des revues (IMR) et l'indice d'impact des publications (IND). Les deux indicateurs ont été calculés sur des fenêtres de citation de 5 ans et la taille des cercles est proportionnelle au volume de publications.

En Mathématiques fondamentales, une majorité des pays du référentiel sont dans le quadrant nord-est du graphique 35a, c'est-à-dire qu'ils publient dans des revues dont l'impact à 5 ans est supérieur à la moyenne des revues et que leurs articles sont plus cités que la moyenne mondiale. La France est le pays du référentiel qui publie le plus dans les revues les plus citées en Mathématiques fondamentales. Viennent ensuite les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Espagne. Pour 4 des 10 pays du quadrant nord-est, impact des revues et impact des publications sont très proches. L'impact des publications est relativement moins élevé que celui des revues pour la France et Israël ; l'Autriche, l'Italie, l'Espagne et la Belgique sont dans une position symétrique. Dans le quadrant sud-ouest la Russie et l'Iran, pays spécialisés en Mathématiques fondamentales, présentent à la fois des impacts de revues et de publications faibles. Le Japon et la Chine publient dans des revues citées presque autant que la moyenne mondiale, mais les articles du Japon ont un impact sensiblement plus faible que ceux de la Chine.

En Mathématiques appliquées, les volumes de productions relatifs sont sensiblement différents et les performances en termes d'impact tendent à être un peu plus concentrées autour de la moyenne mondiale (graphique 35b). La Chine est le premier producteur mondial pour la période 2010-12, alors que les États-Unis sont le premier producteur en Mathématiques fondamentales et en Statistique & Probabilités. Les États-Unis sont le pays qui publie dans les revues les plus citées et dont les publications sont les plus citées, à l'exception de l'Iran qui présente les meilleures performances en matière d'impact des publications. La France est dans le groupe de pays qui publient dans des revues un peu plus citées que la moyenne mondiale et dont les publications sont citées à un niveau équivalent. Il est à noter que la Chine appartient à ce groupe, alors que l'impact des publications de l'Allemagne et de l'Espagne est inférieur à la moyenne mondiale. Ces deux pays ont ainsi de moins bonnes performances en Mathématiques appliquées qu'en Mathématiques fondamentales.

Graphique 35a. Indices d'impact des revues et des publications en Mathématiques fondamentales, 2010-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-35a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 35b. Indices d'impact des revues et des publications en Mathématiques appliquées, 2010-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-35b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

En Statistique & Probabilités, les États-Unis dominent largement la production, la Chine ayant un nombre de publications un peu supérieur à celui de la France. En matière d'impact, quatre pays dominent avec un nombre de citations par publication de 30 à 50 % au-dessus de la moyenne mondiale : les États-Unis, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Belgique. L'Allemagne, l'Autriche, le Canada et la France sont autour de la moyenne mondiale pour l'impact de leurs publications. En Statistique & Probabilités, un plus grand nombre de pays du référentiel sont ainsi situés dans le quadrant sud-ouest. C'est le cas notamment de l'Iran, dont les performances sont bien moins bonnes qu'en Mathématiques appliquées.

Graphique 35c. Indices d'impact des revues et des publications en Statistique & Probabilités, 2010-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-35c

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les graphiques 35a à c montrent que les performances de la France sont contrastées au sein de la discipline. Elles sont parmi les meilleures en Mathématiques fondamentales, mais plus moyennes et notamment inférieures à celles de la Chine, en Mathématiques appliquées. En Statistique & Probabilités, les publications de la France ont un nombre de citations équivalent à la moyenne mondiale, sensiblement inférieur à celui des pays leaders en matière d'impact.

4.2.2. Les publications les plus citées en mathématiques

La base OST compte près de 6 000 publications dans le centile le plus cité en mathématiques sur la période d'analyse. Le tableau 7 fournit le nombre de publications classées dans le centile des plus citées pour les pays du référentiel. Ils totalisent plus de 90 % des publications du centile le plus cité au monde. Les États-Unis pèsent près du double dans le centile le plus cité que dans l'ensemble des publications en mathématiques. Leur indice d'activité dans le centile est de 1,65, proche de celui du Royaume-Uni. Les pays qui ont les indices d'activité les plus élevés, comme l'Iran et l'Autriche, produisent un nombre beaucoup plus faible de publications. La France a un indice d'activité de 1,16, inférieur à celui de la Chine (1,25).

Les graphiques 36a à 36c fournissent le détail des indices d'activité dans le décile et le centile des publications les plus citées par domaine mathématique. Pour chaque domaine, seuls figurent les pays qui comptent plus de 30 publications dans le centile le plus cité.

En Mathématiques fondamentales, la part des publications des États-Unis dans le centile le plus cité est de 50 % supérieure à la moyenne mondiale. La France confirme ses performances en Mathématiques fondamentales avec une part d'un tiers supérieure à la moyenne mondiale, soit un niveau proche de celui du Royaume-Uni et de la Chine. La France a aussi un indice d'activité élevé dans le décile des publications les plus citées. L'Italie et l'Allemagne ont de meilleures performances dans le décile que dans le centile des publications les plus citées.

En Mathématiques appliquées, l'Iran a des performances très élevées avec un indice d'activité de 3 dans le centile des publications les plus citées, alors que les États-Unis ont un indice de 1,7 et la Chine de 1,1 (graphique 36b). L'Allemagne, la France et l'Italie ont une part de leurs publications dans le centile le plus cité inférieure à la moyenne mondiale.

La comparaison des indices moyens (IND) et des indices d'activité dans le centile le plus cité suggère que la France obtient des performances relativement plus fortes en Mathématiques fondamentales pour

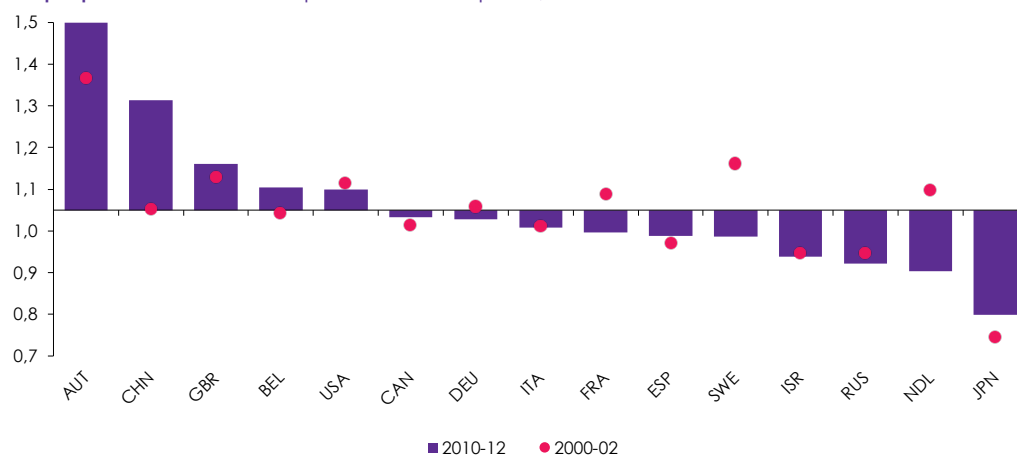
Encadré 7. Le corpus Revues A* : 2. Indicateur d'impact par pays

Les graphiques E7a et b soulignent que les performances en matière d'impact des pays sont différentes dans le corpus des revues A* de l'AustMS, par rapport au corpus OST. La moitié des pays a des performances similaires, l'autre moitié des performances qui peuvent être très différentes (graphique E7b). Les États-Unis et la France enregistrent des impacts plus faibles, alors qu'à l'inverse les impacts de la Russie, de la Chine et de l'Autriche sont meilleurs. Le graphique E7b montre que le phénomène porte à la fois sur l'impact moyen des revues et sur l'impact des publications, mais dans des proportions différentes.

Les deux pays dont les performances s'améliorent le plus dans le corpus A* sont aussi ceux dont la part est fortement réduite par rapport au corpus OST : la Russie et la Chine. On peut faire l'hypothèse que les publications de ces deux pays qui accèdent aux revues A* sont parmi les meilleures et ne représentent qu'une petite minorité de l'ensemble de leurs publications en mathématiques. À l'inverse, les publications des États-Unis ou de la France sont plus largement présentes dans le corpus A*. De ce fait, elles comportent à la fois d'excellentes contributions, mais aussi des contributions qui tout en étant publiées dans les revues A* ne sont pas particulièrement citées. Autrement dit, le corpus A* est très sélectif, ce qui relève son impact moyen et au sein de ce corpus, les publications qui ont été les plus sélectionnées (les russes par exemple) seraient aussi plus citées. L'impact moyen des revues A* est en effet deux fois plus élevé que celui de l'ensemble des revues de la base OST en mathématiques. Cette hypothèse demanderait à être validée car l'augmentation des indices IND pour certains pays pourrait aussi être due à des comportements de citation particuliers pour les articles publiés dans ces revues très sélectives. Il pourrait aussi être utile de vérifier la distribution du corpus des revues A* par domaines de recherche plus fins.

Les Pays-Bas ont aussi des indicateurs sensiblement plus faibles dans le corpus A*. Dans leur cas, cela peut être dû à la composition de ce corpus par domaine : il comporte relativement peu de publications en Statistique & Probabilités, or c'est le domaine mathématique où les publications des Pays-Bas ont des indices d'impact élevés.

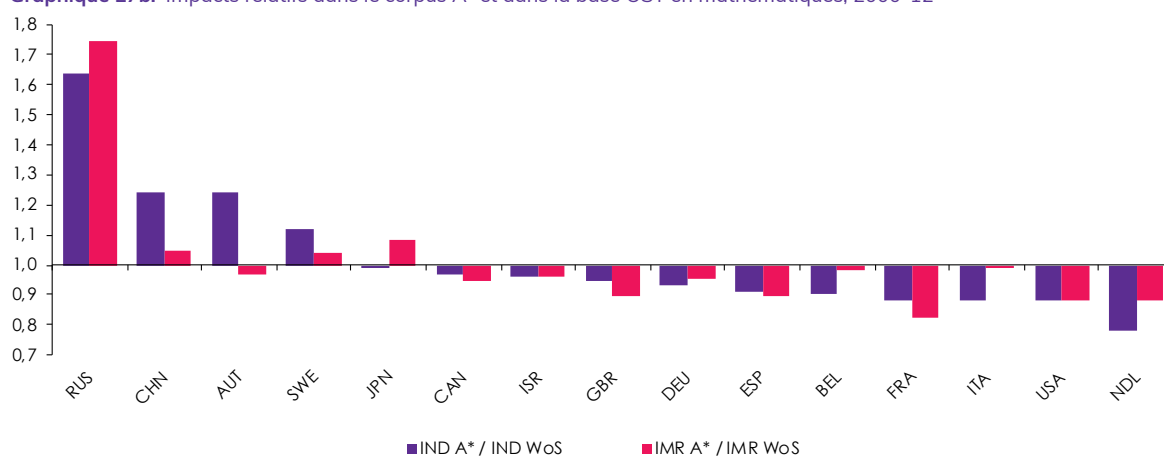
Graphique E7a. Indice IND des publications du corpus A*, 2000-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E7a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique E7b. Impacts relatifs dans le corpus A* et dans la base OST en mathématiques, 2000-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E7b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

l'indicateur d'excellence du centile le plus cité. En effet, l'Italie a des performances relativement meilleures sur l'IND en Mathématiques fondamentales et appliquées, alors que l'Allemagne a de moins bonnes performances que les deux autres pays pour les deux types d'indicateurs.

Tableau 7. Publications en mathématiques parmi le centile le plus cité au monde, par pays, 2000-12

Pays	Nombre de publications dans le centile le plus cité	Poids dans le centile le plus cité	Indice d'activité dans le centile le plus cité
Iran	83	3,6 %	2,64
Autriche	33	1,1 %	1,96
Suède	26	1,1 %	1,82
Royaume-Uni	200	6,9 %	1,70
États-Unis	1 256	39,7 %	1,65
Belgique	33	1,2 %	1,63
Pays-Bas	31	1,5 %	1,36
Roumanie	38	1,2 %	1,26
Chine	549	11,6 %	1,25
France	260	5,5 %	1,16
Canada	102	2,8 %	1,06
Espagne	110	2,5 %	1,04
Israël	34	1,2 %	1,02
Allemagne	172	4,7 %	0,97
Italie	124	2,8 %	0,91
Japon	75	2,0 %	0,61
Russie	27	0,9 %	0,32

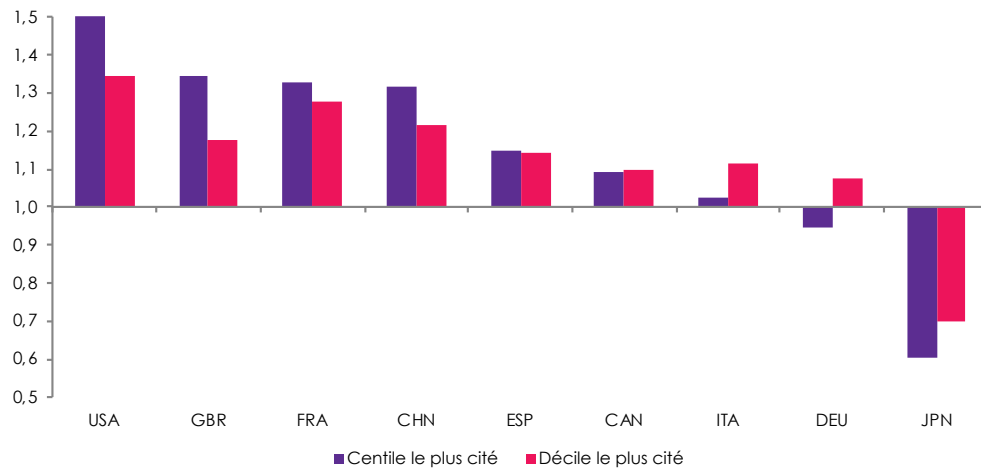
 www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-7

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

En Statistique & Probabilités, seuls le Royaume-Uni et les États-Unis ont plus de 30 publications dans le centile le plus cité. Les deux pays ont aussi des indices d'activité élevés dans cette classe de citations (graphique 36c). La France fait partie des pays qui ont une faible proportion de publications très citées en Statistique & Probabilités. Les performances de la France dans ce domaine, que ce soit pour l'impact moyen (graphiques 34 et 35c) ou pour les publications les plus citées, pourraient s'expliquer par l'agrégation des publications en statistique d'une part et en probabilités d'autre part. En effet, l'école des probabilités française est reconnue, alors que la statistique est une discipline relativement jeune en France, par rapport aux Pays-Bas, au Royaume-Uni ou aux États-Unis notamment³⁴. Afin de valider cette interprétation, il faudrait notamment vérifier s'il existe une sur-représentation des publications en probabilités dans le domaine Statistique & Probabilités pour la France. Une sur-représentation de publications en probabilités dans ce domaine de recherche pourrait défavoriser la France dans la mesure où le nombre moyen de citations par article est relativement faible en probabilités.

34. Cette distinction entre statistiques et probabilités en France a été suggérée lors de certains des entretiens avec des mathématiciens qui ont été menés dans le cadre de ce rapport (voir les remerciements).

Graphique 36a. Indices d'activité dans le centile et le décile des publications les plus citées en Mathématiques fondamentales^a, 2010-12

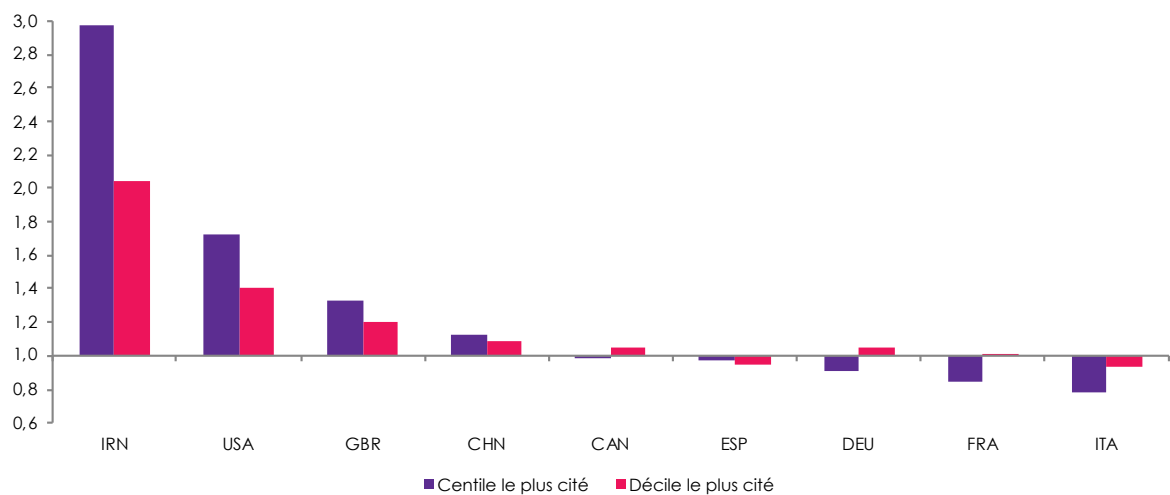


a. Pays ayant plus de 30 publications dans le centile des plus citées.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-36a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 36b. Indices d'activité dans le centile et le décile des publications les plus citées en Mathématiques appliquées^a, 2010-12

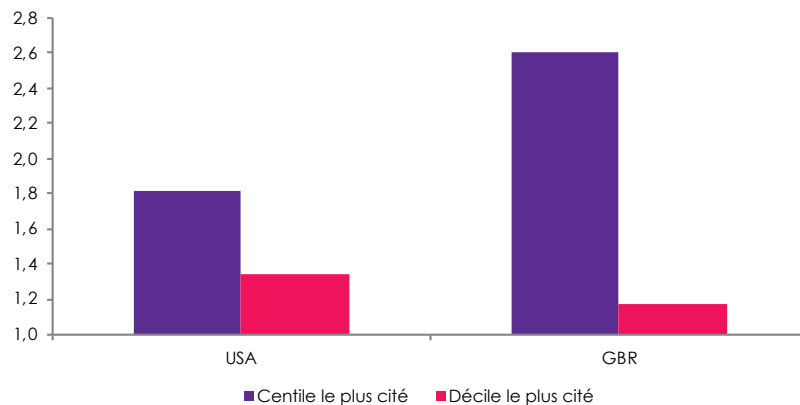


a. Pays ayant plus de 30 publications dans le centile des plus citées.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-36b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 36c. Indices d'activité dans le centile et le décile des publications les plus citées en Statistique & Probabilités^a, 2010-12



a. Pays ayant plus de 30 publications dans le centile des plus citées.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-36c

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Cette hypothèse n'a pas pu être systématiquement explorée dans le cadre de la préparation de ce rapport. Un examen des vingt revues du domaine Statistique & Probabilités dans lesquelles chacun des pays du référentiel publie le plus indique que ces revues sont largement communes. La France ne présente donc pas un profil atypique de ce point de vue. En complément, l'encadré 8 montre qu'il n'y a pas de bi-attribution élevée pour les articles de la France entre Statistique & Probabilités d'une part et Mathématiques fondamentales d'autre part. De ce point de vue, les publications des mathématiciens français en Statistique & Probabilités ne semblent donc pas être souvent proches des Mathématiques fondamentales.

Ces explorations demanderaient à être approfondies pour tenter de mieux séparer publications en probabilités et en statistique³⁵. L'analyse pourrait aussi porter sur une hypothèse qui pourrait être complémentaire : le fait que les chercheurs français auraient une préférence pour publier leurs articles portant sur les probabilités dans des revues de mathématiques générales³⁶. Dans cette hypothèse, une part des articles de probabilités, et notamment les meilleurs, pourrait être publiée dans des revues de Mathématiques fondamentales. Rappelons néanmoins que dans la base OST la France apparaît fortement spécialisée en Statistique & Probabilités, ce qui suppose qu'une proportion importante d'articles de mathématiciens français paraît dans des revues de ce domaine.

Encadré 8. Classement des publications dans les domaines de recherche en mathématiques

Le tableau E8 indique qu'il n'y a que 1 % de publications de Mathématiques fondamentales aussi classées dans le domaine Statistique & Probabilités. Symétriquement, 2 % des publications de Statistique & Probabilités sont aussi classées en Mathématiques fondamentales. Le recouvrement est beaucoup plus important entre Mathématiques fondamentales et Mathématiques appliquées.

Tableau E8. Parts des publications classées dans deux domaines de recherche en mathématiques^a

Spécialité d'origine (% calculé sur cette spécialité)	Mathématiques fondamentales	Mathématiques appliquées	Statistique & Probabilités	Mathématiques appliquées à d'autres disciplinaires
Mathématiques fondamentales	100 %	34 %	1 %	0 %
Mathématiques appliquées	31 %	100 %	3 %	1 %
Statistique & Probabilités	2 %	8 %	100 %	15 %
Mathématiques appliquées à d'autres disciplinaires	0 %	4 %	17 %	100 %

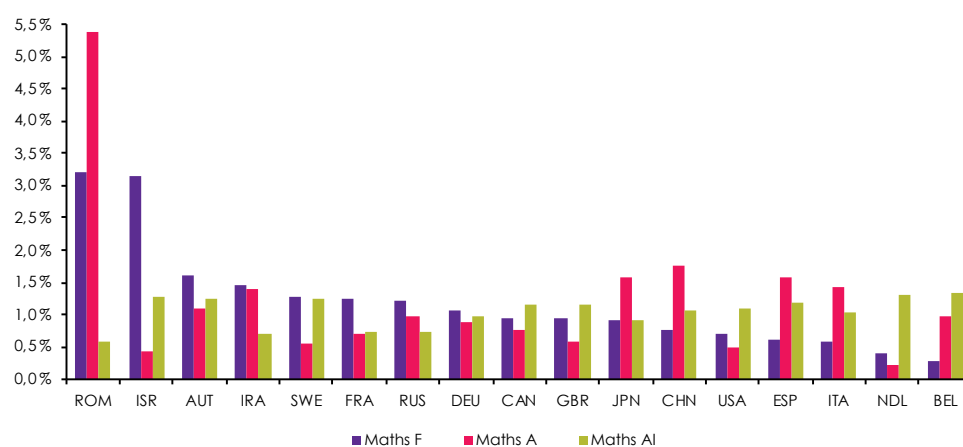
a. Les publications sont comptabilisées en compte entier.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-E8

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Le graphique E8 montre que les taux de bi-attributions entre Statistique & Probabilités d'une part et les autres domaines varient selon les pays. Pour la France, ce taux est de 38 % inférieur à la moyenne mondiale pour l'attribution d'articles de Statistique & Probabilités aussi en Mathématiques fondamentales.

Graphique E8. Part des publications de chaque pays en Statistique & Probabilités aussi classées dans d'autres domaines, rapportée à la moyenne mondiale



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-E8

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

35. L'analyse devrait s'appuyer sur une nomenclature plus fine des domaines de recherche, comme celle de la base Mathscinet ou éventuellement sur une analyse textuelle à partir des métadonnées des publications.

36. Cette hypothèse a été suggérée lors de certains des entretiens avec des mathématiciens qui ont été menés dans le cadre de ce rapport (voir les remerciements).

4.3. Publications et mobilité des lauréats de prix internationaux en mathématiques

Le corpus des publications des lauréats de prix internationaux en mathématiques est construit de façon différente des deux corpus précédents. Les publications de la base OST résultent d'une sélection par le Web of Science des revues disposant d'un comité de lecture et dont l'audience est potentiellement internationale³⁷. Il s'agit d'une sorte de seconde sélection après celle des pairs dans le cadre des comités de lecture. Les revues classées A* par l'association australienne de mathématiques constituent un corpus beaucoup plus restreint, résultant de l'avis d'une association professionnelle. Le corpus des publications des lauréats de prix internationaux résulte d'un autre type de sélection par les pairs. Les récompenses retenues sont la Médaille Fields et les prix Abel, Gauss et Wolff. Toutes les publications des 84 lauréats parues entre 2000 et 2015 ont été retenues dans le corpus, quelle que soit l'année d'obtention de la distinction.

L'attribution des publications d'un lauréat à un pays a été décidée en fonction de l'institution où celui-ci a obtenu son doctorat et pas de sa nationalité. Les publications d'un chercheur ayant été récompensé par la Médaille Fields et qui serait titulaire d'un doctorat d'une université belge sont toutes attribuées à la Belgique, même si le lauréat est ultérieurement employé par une université d'un autre pays. Des trois corpus mathématiques analysés ici, celui des lauréats de prix internationaux est le plus petit. Entre 2000 et 2015, la base OST recense près de 600 000 publications en mathématiques ; le corpus A* en compte moins de 8 000 et le corpus des mathématiciens distingués un peu plus de 1 000³⁸.

4.3.1. Corpus des publications des mathématiciens primés

Durant la période 2000-15, les 34 lauréats américains ont publié 365 publications. La Russie est au 2^e rang en nombre de lauréats (13) et la France au 3^e avec 9 lauréats. Le graphique 37 est ordonné en fonction du nombre de publications et Israël, avec deux lauréats, est au 2^e rang pour ce critère. Les deux lauréats belges comptent eux aussi plus de publications recensées que les 9 lauréats Russes. Le nombre de publications par lauréat n'est pas comparable entre pays dans la mesure où l'âge des lauréats durant la période étudiée varie³⁹. Certains pays du *Référentiel mathématiques* n'ont aucun lauréat, comme l'Autriche, le Canada ou la Chine.

Pour l'analyse, seuls les pays totalisant plus de 50 publications de mathématiciens primés sont conservés : Belgique, États-Unis, France, Israël, Russie. Le corpus analysé est constitué des publications parues entre 2000 et 2015 des 61 mathématiciens primés qui ont obtenu leur doctorat dans ces pays, soit 856 publications en compte fractionnaire. Les États-Unis représentent 43 % de ce corpus et la France 16 %.

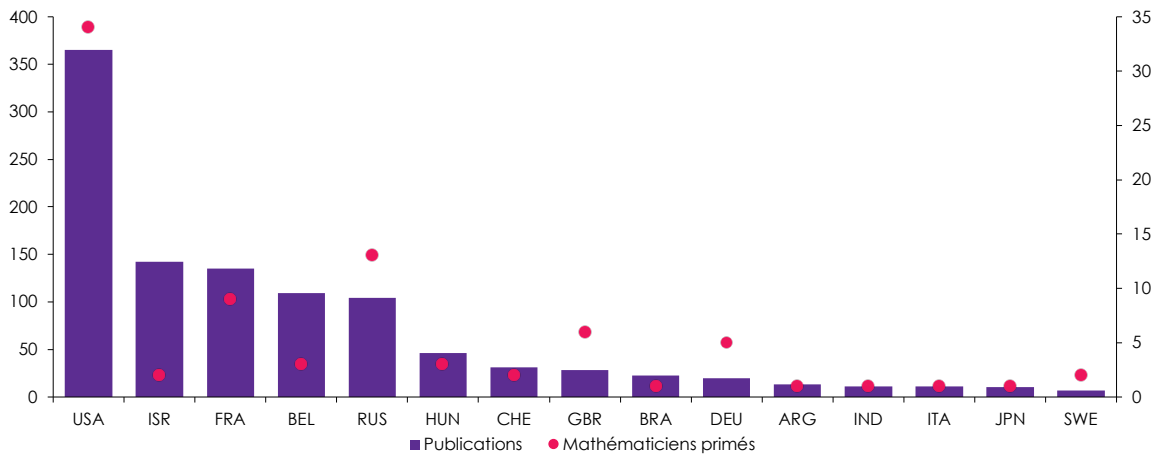
Les profils des publications des lauréats sont très similaires. Leur activité porte essentiellement sur les Mathématiques fondamentales qui représentent plus de 75 % des publications du corpus (graphique 38). Des trois corpus, c'est le plus concentré sur les Mathématiques fondamentales et il ne comporte quasiment pas de publications en Statistique & Probabilités ou Mathématiques pour applications interdisciplinaires. Par rapport au corpus des Revues A*, le poids des Mathématiques appliquées y est supérieur et celui des Statistique & Probabilités inférieur.

37. L'annexe méthodologique apporte des précisions sur la base Web of Science de Clarivate Analytics.

38. Le tableau A5 en annexe fournit la distribution par pays pour chacun des trois corpus et pour les publications du centile le plus cité de la base OST.

39. Certains ont pu n'être présents que quelques années, soit du fait de leur jeunesse ou au contraire de leur grand âge.

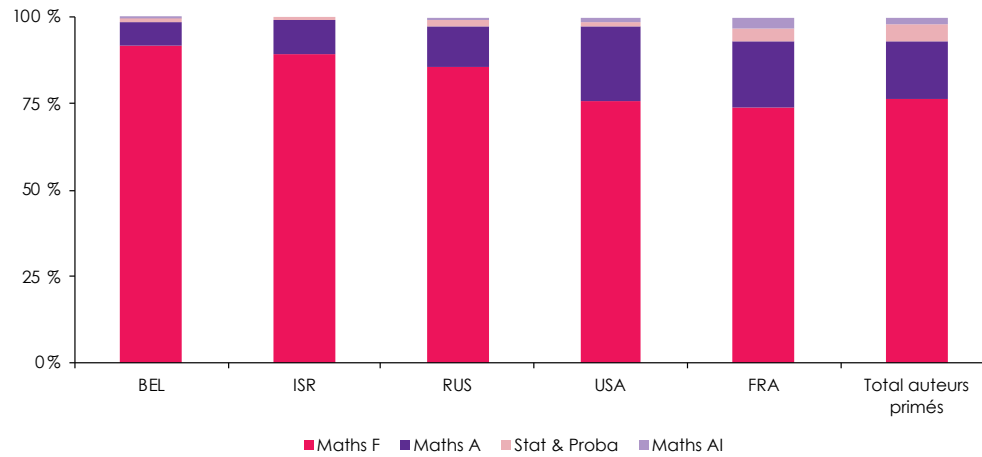
Graphique 37. Nombre de publications des mathématiciens primés, 2000-15



www.hceres.fr/Ratport-PSF-Graphique-37

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 38. Distribution des publications des mathématiciens primés par domaine, en %, 2000-15



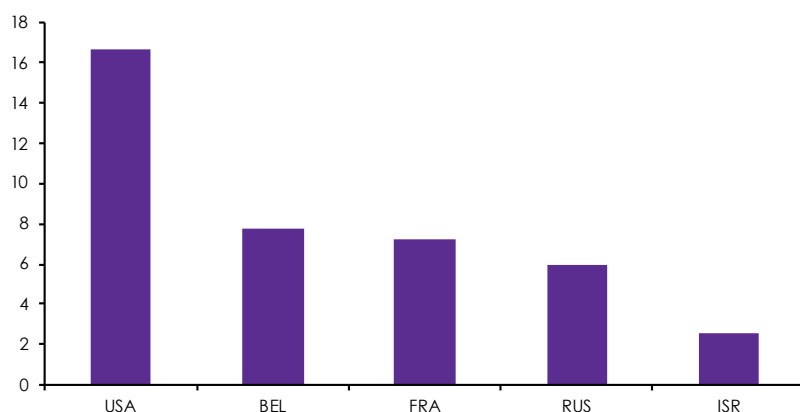
www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-38

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Dans ce corpus, tous les pays présentent des indices IND supérieurs à 2,5. La couverture de la base de données rend bien compte de la qualité élevée des publications des mathématiciens primés. Toutefois, on observe des niveaux d'impact très différents. Les mathématiciens primés ayant obtenu leur thèse aux États-Unis ont un impact moyen très supérieur à ceux des autres pays (près de 17). La Belgique et la France ont des IND supérieurs à 7. Les écarts d'impact entre les États-Unis et ces deux pays sont ainsi sensiblement plus forts sur ce corpus que dans l'ensemble du domaine des Mathématiques fondamentales de la base OST. Ce n'est pas le cas pour la Russie pour laquelle l'écart est équivalent pour les deux corpus, entre 2 et 3 fois plus élevé pour les mathématiciens affiliés à des institutions américaines. Les publications des mathématiciens russes primés présentent un indice IND près de 12 fois supérieur à celui de l'ensemble des publications russes en Mathématiques fondamentales. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait qu'une proportion importante de ces lauréats migrent en cours de carrière (voir plus bas).

Israël est dans un cas pratiquement inverse, avec un nombre de publications par lauréat élevé, mais un impact moyen faible pour ce corpus. L'un des deux lauréats, qui a reçu le prix Wolff, a une productivité très élevée, mais ses publications sont peu citées.

Graphique 39. Indice IND des publications des mathématiciens primés, 2000-12



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-39

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

L'analyse des publications des mathématiciens primés confirme que la France a une part mondiale d'autant plus importante que le corpus considéré est concentré sur le domaine des Mathématiques fondamentales. En effet, si la part de la France est de 6 % pour l'ensemble de la discipline, elle approche 10 % sur le corpus des revues A* et 16 % pour le corpus des publications des mathématiciens primés. Elle n'est en revanche que de 5,5 % dans le total des publications du centile le plus cité. Ce profil est différent de celui des États-Unis dont la part augmente avec la sélectivité du corpus, mais pas uniquement pour les Mathématiques fondamentales : elle passe de 16 % pour la discipline dans son ensemble, à 33 % pour les revues A*, 40 % pour le centile le plus cité et 43 % pour les publications des mathématiciens primés. La différence entre les deux pays est notamment due au fait que les indicateurs d'impact des publications américaines sont comparables d'une catégorie à l'autre. En comparaison de la France, ils sont notamment moins élevés en Statistique & Probabilités.

4.3.2. Mobilité des mathématiciens lauréats de prix internationaux

Comme les lauréats du prix Nobel, les lauréats de prix internationaux en mathématiques sont mobiles. Le tableau 8 retrace la mobilité internationale de 107 lauréats depuis 1936 entre deux étapes de leur carrière : l'obtention du doctorat et l'attribution du prix.

Il suggère que l'attractivité des États-Unis est particulièrement forte en mathématiques. En effet, le taux d'augmentation du nombre de lauréats entre le doctorat et l'attribution du prix est supérieur à ce qu'il est pour les prix Nobel⁴⁰. Cette forte attractivité dans la discipline avait déjà été soulignée dans des comparaisons de la mobilité des chercheurs les plus cités, notamment par rapport à l'économie où le poids des États-Unis est plus dû à des chercheurs ayant fait leur thèse dans des institutions américaines (Panaretos et Malesios 2012, Albarran et al. 2014).

L'attractivité de la France est moindre mais réelle. Elle conserve 85 % des mathématiciens lauréats qui ont effectué leur thèse en France, 2 sur 14 ayant ensuite une affiliation aux États-Unis. Par ailleurs, elle attire 8 mathématiciens ayant effectué leur thèse dans d'autres pays (dont 3 qui ont une double affiliation, voir le tableau 8). Le ratio entre le nombre de lauréats au moment de la remise du prix et au moment de la thèse, est de 1,6 aux États-Unis et 1,3 en France (tableau 8).

La Russie perd la moitié de ses lauréats, soit la même proportion que dans le cas des prix Nobel (tableau 4). La Belgique perd ses 3 lauréats en mathématiques qui intègrent des institutions françaises.

Le graphique 40 illustre les mouvements entre pays et souligne les gains des États-Unis et de la France comme les pertes de la Russie. Au total, les États-Unis, qui ont une part importante des lauréats au moment de leur doctorat, accroissent encore cette part du fait de la mobilité des mathématiciens primés.

40. Les données sur les prix Nobel figurent dans le tableau 4 (partie 2.4.3, page 38).

Tableau 8. Changement d'affiliation des lauréats de prix internationaux en mathématiques^a entre leur doctorat et l'attribution de leur prix

Affiliation à l'attribution du prix												
Affiliation pour le doctorat	Effectif durant le doctorat	USA	CHE	DEU	FRA	GBR	ISR	ITA	JPN	RUS	SWE	Autres ^b
USA	40	36,5	0	0	1	1	0,5	0	0	0	0	1
FRA	14	2	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
RUS	14	4,5	1	0	0,5	0	0	0	0	7	0	1
DEU	7	3,5	0	3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
GBR	7	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
JPN	4	0,8	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0,3
BEL	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
HUN	3	2,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
ITA	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
CHE	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ISR	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SWE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Autres ^b	6	4	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1,5
Effectif à l'attribution du prix	107	58,8	1	3	18,5	7,5	0,5	2	2,8	7	2	3,8

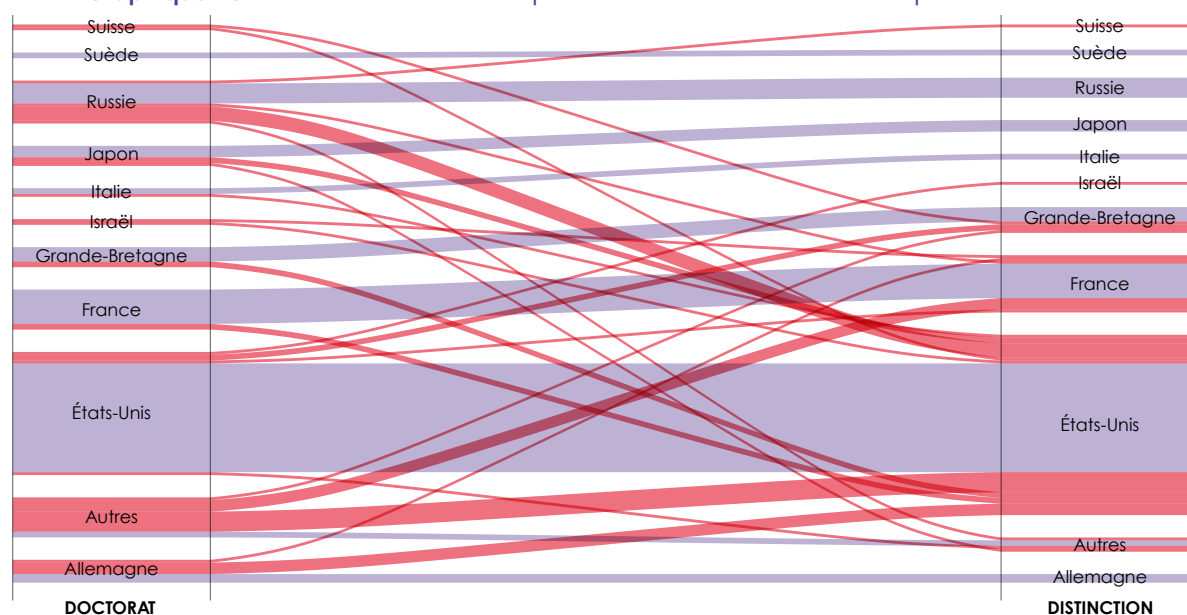
a. Lauréats entre 1936 et 2016. Un compte fractionnaire est appliqué pour les doubles ou triples affiliations.

b. Argentine, Brésil, Danemark, Finlande, Inde, Pologne. Ils ont au plus un lauréat à l'une des deux étapes. Le Brésil a un lauréat à chacune des étapes, mais au moment de l'attribution du prix, celui-ci était aussi affilié en France, ce qui ne représente que 0,5 en compte fractionnaire.

www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-8

Source : élaboration OST

Graphique 40. Mobilité des lauréats de prix internationaux en mathématiques



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-40

Source : élaboration OST

4.4. Co-publications en mathématiques et leur impact

En mathématiques les co-publications sont moins fréquentes que dans d'autres disciplines, mais le nombre moyen d'auteurs par publication a néanmoins suivi la tendance générale à l'augmentation (tableau 3). La part des co-publications internationales a aussi augmenté. Dans le cas de la France, elle est passée de 36 % en 2000 à 55 % en 2015, pour une moyenne sur la période de 44 % (tableau 9).

Le taux d'internationalisation rapporte la part des co-publications internationales d'un pays à la moyenne mondiale des co-publications internationales dans la même discipline. Le taux d'internationalisation des publications en mathématiques varie fortement entre les pays. Il est élevé pour les petits pays et faible pour les grands pays (tableau 9). Il est néanmoins supérieur à 1 pour l'ensemble des pays du *Référentiel mathématiques*. Le tableau 9 souligne que la part des co-publications internationales (col. 3) est généralement plus élevée pour les publications les plus citées (col. 5). L'écart en faveur du centile le plus cité apparaît particulièrement fort pour les pays dont les publications en mathématiques ont un impact relativement faible, comme la Russie, le Japon, la Suède ou la Chine.

Tableau 9. Nombre et part des co-publications internationales en mathématiques, 2000-15

Pays	Nombre de co-publications internationales	Part dans les co-publications internationales	Part des co-publications internationales dans le total des publications	Taux d'internationalisation des publications	Part des co-publications internationales dans le centile le plus cité
Canada	17 531	10,0 %	54,5 %	2,37	66,1 %
Belgique	5 226	3,0 %	53,2 %	2,31	62,7 %
Autriche	4 420	2,5 %	52,2 %	2,27	62,3 %
Israël	6 782	3,9 %	51,8 %	2,25	75,5 %
Pays-Bas	5 990	3,4 %	51,8 %	2,25	60,7 %
Royaume-Uni	22 268	12,7 %	50,1 %	2,17	58,6 %
Suède	39 52	2,3 %	48,5 %	2,10	78,3 %
Allemagne	24 482	14,0 %	45,6 %	1,98	67,5 %
France	26 486	15,2 %	44,2 %	1,92	59,9 %
Roumanie	3 804	2,2 %	42,8 %	1,86	50,7 %
Espagne	13 738	7,9 %	42,3 %	1,84	61,1 %
Italie	15 746	9,0 %	39,9 %	1,73	69,4 %
États-Unis	65 051	37,2 %	35,7 %	1,55	41,7 %
Russie	8 269	4,7 %	28,9 %	1,25	67,7 %
Japon	8 751	5,0 %	27,0 %	1,17	53,1 %
Iran	3 543	2,0 %	24,6 %	1,07	22,9 %
Chine	27 562	15,8 %	23,9 %	1,04	41,6 %
Monde	174 738	100 %	23,10 %	1	34,32 %

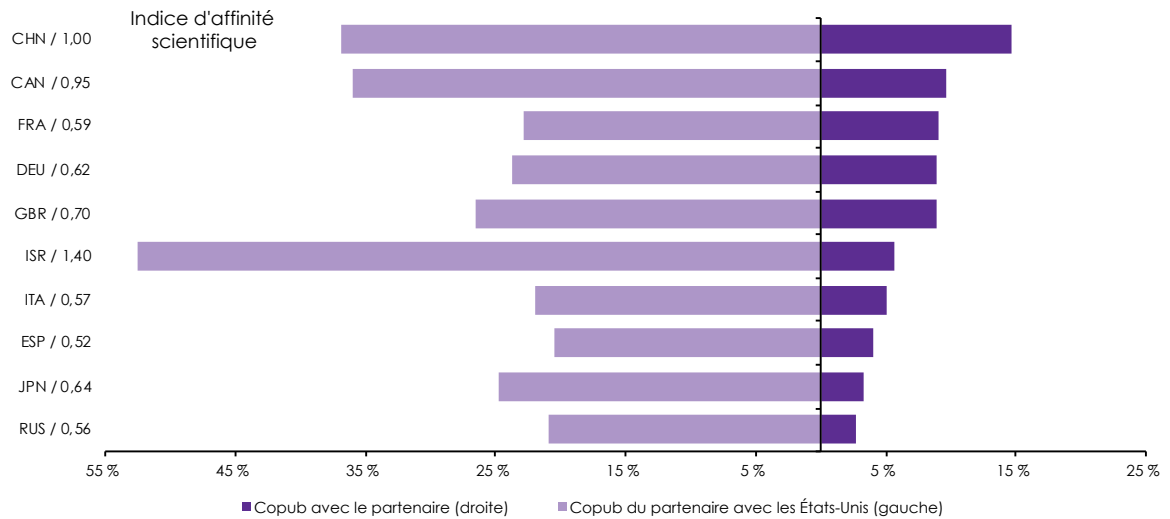
 www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-9

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les États-Unis sont impliqués dans 37 % des co-publications internationales, soit une part sensiblement supérieure à leur part du total des publications en mathématiques. Avec 15 %, la part de la France dans les co-publications internationales est aussi très supérieure à sa part dans les publications en mathématiques. La Chine est dans une position inverse du fait de son taux d'internationalisation plus faible.

Le premier partenaire de co-publication en mathématiques des États-Unis est la Chine, avec près de 15 % de ses co-publications internationales (graphique 41a). Les États-Unis représentent eux 36 % des co-publications internationales de la Chine dans la discipline. Leur indice d'affinité est égal à 1. L'affinité avec la Chine en mathématiques est supérieure à l'affinité avec le voisin canadien. Parmi les principaux partenaires des États-Unis en mathématiques, elle n'est supérieure qu'avec Israël. La France est le premier partenaire européen des États-Unis pour les co-publications en mathématiques, avec une part équivalente à celle de l'Allemagne et du Royaume-Uni.

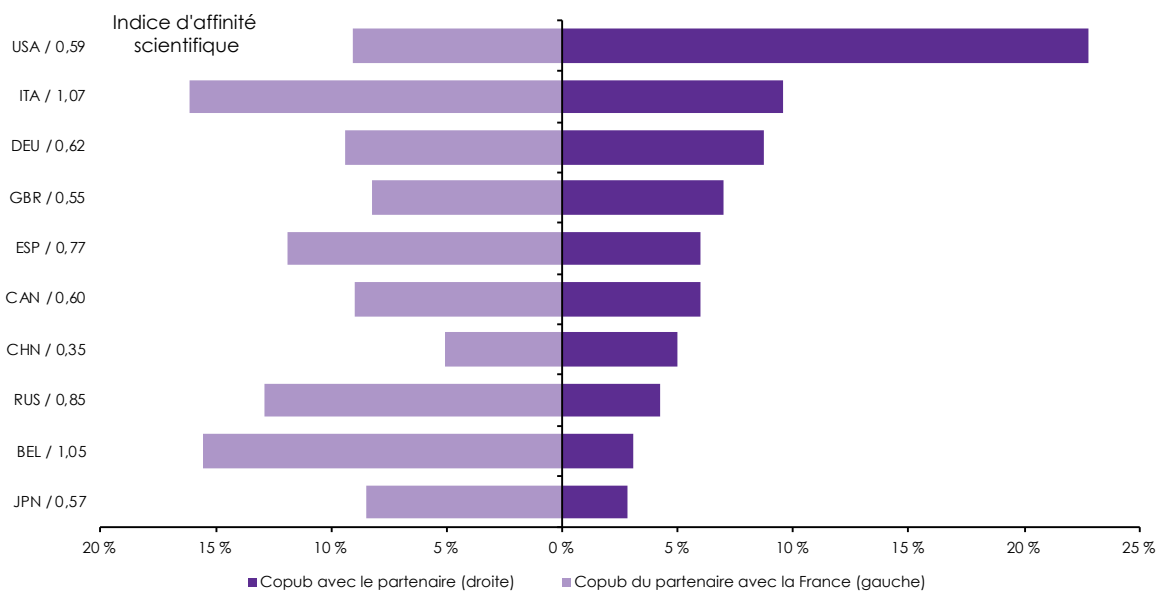
Graphique 41a. Part des co-publications internationales des États-Unis avec ses premiers partenaires et part des États-Unis dans leurs co-publications internationales, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-41a

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Graphique 41b. Part des co-publications internationales de la France avec ses premiers partenaires et part de la France dans leurs co-publications internationales, 2000-15



www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-41b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

Les États-Unis sont le premier partenaire de la France en mathématiques avec 23 % de ses co-publications internationales (graphique 41b). Cette part atteint 26 % dans l'ensemble des disciplines (graphique 24) et l'indice d'affinité scientifique entre les deux pays est un peu inférieur en mathématiques (0,59 contre 0,65 toutes disciplines confondues). Parmi les premiers partenaires de la France, l'affinité scientifique est la plus élevée avec l'Italie et la Belgique, mais elle est sensiblement inférieure à sa valeur toutes disciplines confondues (graphique 25). Comme pour l'ensemble des disciplines, c'est avec la Chine que l'affinité scientifique est la plus faible parmi les principaux partenaires.

La carte des co-publications en annexe montre que l'intensité des publications en mathématiques de la France est forte avec différents pays d'Afrique francophone. La France est ainsi au centre d'un réseau de co-publications qui lui est propre et qui se distingue du réseau central formé autour des États-Unis et de différents pays européens et asiatiques, ainsi qu'avec Israël. La carte confirme que la Chine est relativement plus connectée aux États-Unis qu'à la France.

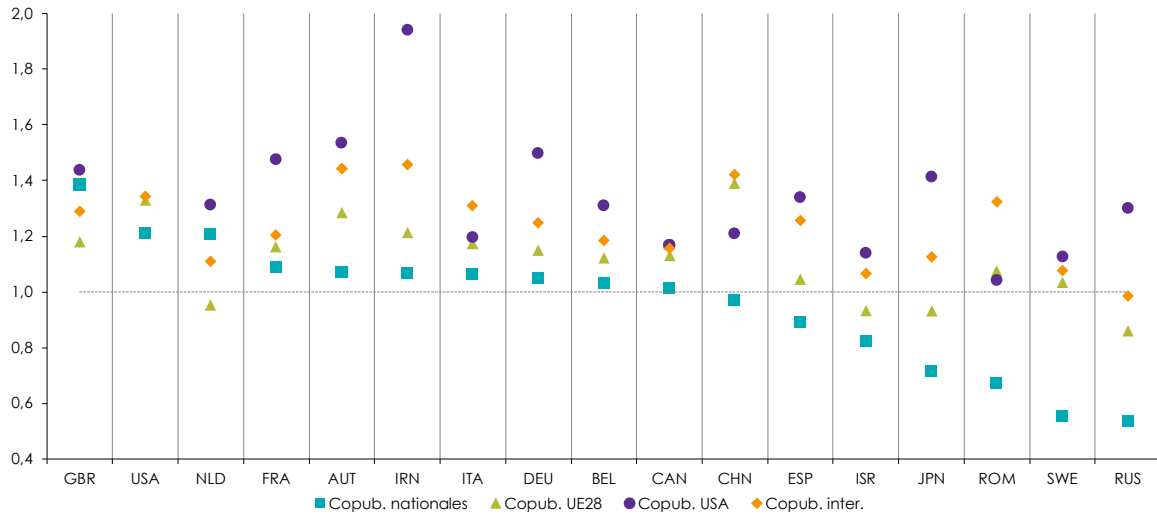
Les graphiques 42a à 42c permettent de comparer l'impact des co-publications des pays du *Référentiel mathématiques* en fonction des partenaires. Les co-publications nationales impliquent des chercheurs du pays considéré, mais excluent les publications par un seul chercheur, qui ont généralement un impact inférieur à tous les types de co-publications. Les co-publications internationales sont considérées dans leur ensemble (Copub. inter) et une distinction est faite pour les co-publications avec au moins un pays de l'UE d'une part, et avec les États-Unis d'autre part.

Les graphiques montrent qu'en mathématiques comme pour l'ensemble des disciplines, les co-publications internationales sont plus citées que les co-publications entre chercheurs d'un même pays. Comme pour l'ensemble des disciplines, les co-publications avec des pays européens tendent à être moins citées que les co-publications avec les États-Unis. L'augmentation de l'indice d'impact pour les co-publications avec les États-Unis varie cependant sensiblement selon les pays. Elle est relativement faible pour les pays dont l'indice IND est déjà élevé, comme le Royaume-Uni ou les Pays-Bas. Cependant, même pour un IND des co-publications nationales de même niveau, il peut varier : il est ainsi bien plus fort pour l'Iran que pour l'Italie (graphique 42a). Il apparaît modeste pour la Chine, seul pays avec la Roumanie pour lequel, l'indice d'impact des co-publications avec les États-Unis est inférieur à celui de l'ensemble des co-publications internationales. L'augmentation d'impact d'une co-publication avec les États-Unis est en revanche forte pour la Russie et la Suède. Ces différences pourraient être influencées par le degré de mobilité des chercheurs entre ces différents pays d'une part et les États-Unis d'autre part, ce qui mériterait d'approfondir cette analyse.

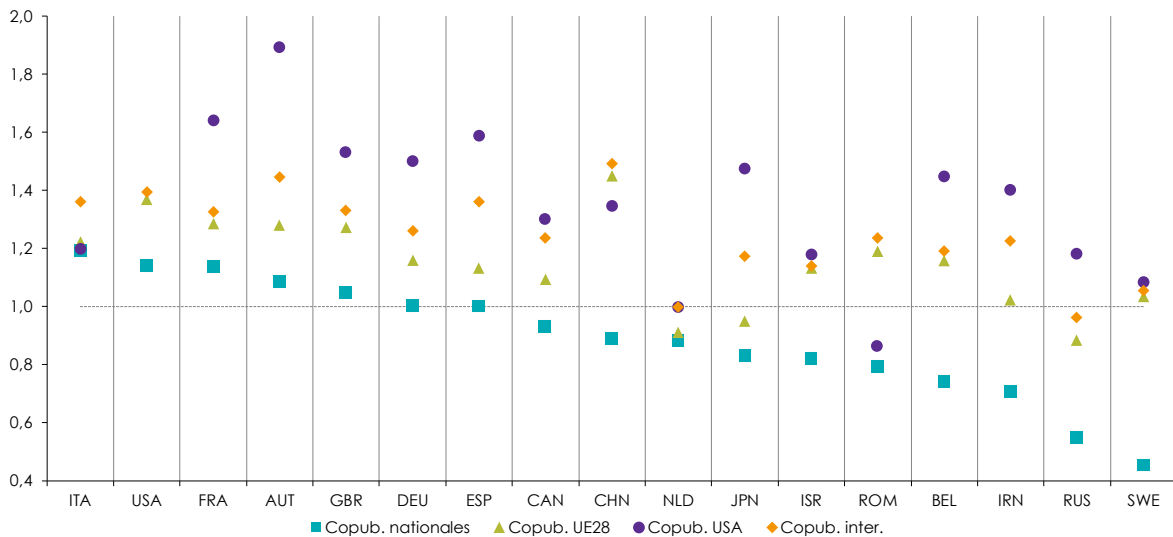
En Mathématiques fondamentales, l'influence des co-publications et des différents types de partenaires est similaire, avec des variations pour certains pays (graphique 41b). Dans le cas de la France, les co-publications avec les États-Unis ont un impact un peu plus important que pour l'ensemble de la discipline.

En Statistique & Probabilités, les co-publications entre institutions britanniques ont un fort impact, très supérieur aux co-publications internationales. Pour les autres pays, les co-publications avec les États-Unis ont des impacts élevés avec certains pays uniquement.

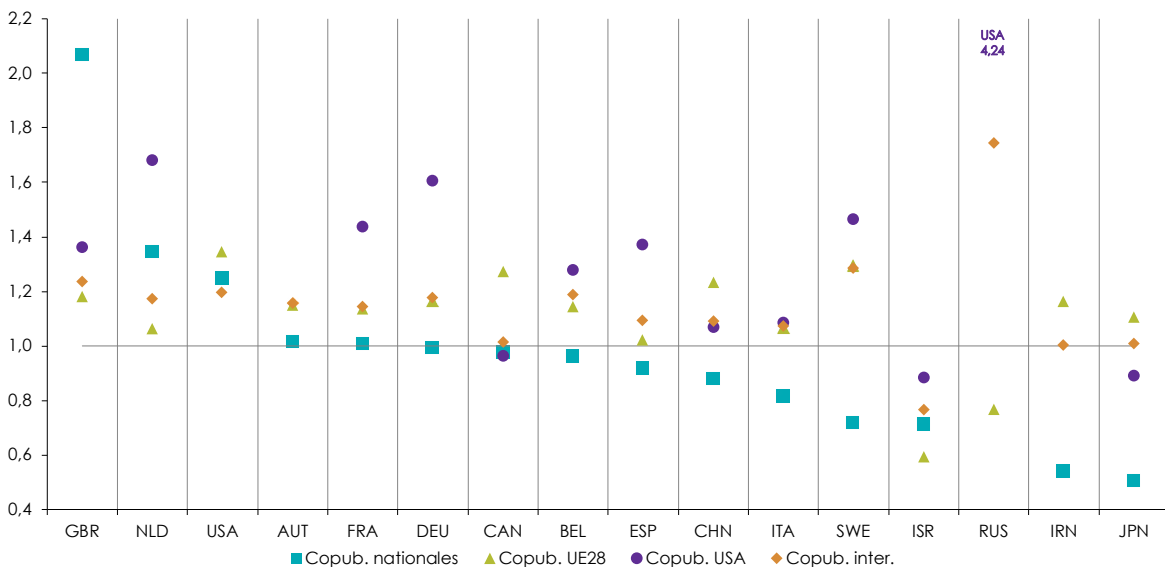
Graphique 42a. Impact des co-publications en mathématiques selon les partenaires, 2010-12



Graphique 42b. Impact des co-publications en Mathématiques fondamentales selon le partenaire, 2010-12



Graphique 42c. Impact des co-publications en Statistique et Probabilités selon le partenaire^a, 2010-12



a. Les indicateurs ne sont calculés que dans les cas où il y a plus de 30 publications dans la catégorie.

Conclusions et approfondissements

Au cours des quinze premières années du 21^e siècle et comme dans d'autres domaines, la position scientifique de la France a plus évolué du fait du dynamisme de certains pays étrangers que d'évolutions internes. Le nombre de publications scientifiques de la France a augmenté de 40 % entre 2000 et 2015, mais elle est passée du rang de 5^e plus grand producteur mondial au 7^e. La Chine publie plus que la France depuis 2006 et l'Inde depuis 2014. La Corée du Sud connaît une croissance soutenue de ses publications et sa part mondiale devient équivalente à celle de la France. Au sein de l'Europe, des pays proches ont enregistré des évolutions quantitatives ou qualitatives plus importantes que la France. L'Italie produit désormais un nombre de publications équivalent à celui de la France et dont l'impact scientifique est aussi équivalent. La France conserve une part de ses publications dans le centile le plus cité au monde supérieure à celle de l'Italie, mais les positions sont inverses pour la part des publications nationales dans le décile le plus cité. Plus généralement, si différents indicateurs montrent que l'impact des publications scientifiques de la France a augmenté depuis le début du siècle, cela n'a pas modifié la position relative du pays au sein des principaux pays producteurs. L'impact moyen des publications françaises est 10 % au-dessus de la moyenne mondiale, celui des publications américaines 30 % au-dessus et celui des publications chinoises 15 % en dessous.

Le profil disciplinaire des publications scientifiques françaises évolue relativement peu, mais certaines des évolutions sont aussi dues à l'effet de la forte croissance chinoise sur la distribution de la production mondiale par discipline. La Chine est fortement spécialisée en chimie et sa part croissante dans la production mondiale augmente le poids de la chimie dans le total des publications. Cette dynamique a contribué à réduire l'indice de spécialisation de la France en chimie. Suivant la même logique, l'observation d'un accroissement sensible de l'indice de spécialisation de la France en sciences sociales doit tenir compte de la très faible part de ces disciplines dans la production chinoise, ce qui réduit leur poids dans le total mondial. L'accroissement de la spécialisation de la France en informatique doit aussi être replacé dans le contexte mondial.

La propension à co-publier, notamment avec des partenaires étrangers, se développe depuis plusieurs décennies dans de nombreux pays. Avec un taux de co-publications internationales de 56 %, la France s'inscrit dans la moyenne des pays intensifs en recherche de taille équivalente, comme l'Allemagne. Ses principaux partenaires sont d'abord les États-Unis, puis les grands pays scientifiques européens. Pourtant les co-publications avec ces pays atteignent à peine le potentiel qu'ils représentent tel qu'il est mesuré par leur part dans le total mondial des co-publications internationales. L'affinité scientifique de la France est plus forte avec la Belgique et l'Italie. L'analyse détaillée de la discipline mathématique suggère que l'affinité scientifique de la France est aussi forte avec les pays africains francophones. En mathématiques comme dans l'ensemble des disciplines, elle est en revanche faible avec la Chine. De ce point de vue, la France ne semble pas avoir suivi le formidable développement de la capacité scientifique chinoise. Cette remarque vaut en fait pour l'ensemble de l'Union européenne qui a moins développé les différents canaux de d'échange et de collaboration scientifiques avec la Chine que les États-Unis (Veugelers 2017). Cette question des connections scientifiques avec la Chine pourrait être approfondie en comparant différents pays européens.

L'analyse de la discipline mathématique à travers trois corpus de publications différents a permis de préciser la position de la France au sein de la discipline. La forte spécialisation de la France résulte de sa spécialisation en Mathématiques fondamentales d'une part et en Statistique & Probabilités d'autre part. La part de chacun de ces domaines de recherche dans les publications de la France est supérieure de 80 % à leur part dans le total des publications mondiales. En revanche, l'impact des publications françaises en mathématiques repose essentiellement sur le domaine Mathématiques fondamentales. En effet, c'est dans ce domaine que ses performances sont supérieures à la moyenne mondiale et que ses chercheurs obtiennent une part relativement élevée des prix internationaux. L'impact des publications françaises en Statistique & Probabilités est lui inférieur à la moyenne mondiale.

L'analyse bibliométrique couplée à l'analyse de la mobilité des lauréats des prix Nobel scientifiques et des prix internationaux en mathématiques a permis de retrouver les grands résultats concernant la position scientifique de la France, tout en apportant des informations à des grains plus fins, pour différentes disciplines ou par pays partenaire notamment. Les explorations ont cependant été limitées, à la fois par la taille globale de ce rapport et par les données qui ont pu être exploitées. Il reste ainsi différents sujets à approfondir pour mieux comprendre la position scientifique de la France dans le monde et son évolution.

L'analyse de la discipline mathématique a été la plus détaillée, mais devrait encore être approfondie. Un premier approfondissement possible porte sur le périmètre de la discipline, qui pourrait être étendu pour prendre en compte plus de domaines d'application et les interactions avec diverses disciplines comme l'informatique, la biologie ou certaines sciences sociales. À l'inverse, le périmètre de ce qui est considéré comme la discipline mathématique pourrait être restreint en deçà de la définition retenue par la nomenclature de la base OST. Un second domaine d'approfondissement consisterait à poursuivre l'analyse pour distinguer les domaines de la statistique d'une part et des probabilités d'autre part.

Le rapport a montré que la position scientifique de la France est différente en sciences humaines et en sciences sociales. Il a aussi montré que la spécialisation de la France comme ses performances en matière d'impact varient au sein de chacun de ces ensembles de disciplines. Il reste à approfondir à des grains plus fins, ce qui suppose de pouvoir à la fois détailler des comparaisons internationales sur les bases bibliométriques internationales et accéder à des corpus complémentaires. L'analyse par discipline et par partenaire des co-publications internationales dans les disciplines des sciences humaines et sociales pourrait aussi être riche d'enseignements. Sur ce thème, l'analyse bibliométrique pourrait notamment être couplée avec l'analyse des participations aux projets des programmes cadres européens de recherche.

Enfin, ce rapport s'est donné pour objectif d'identifier les évolutions de la production scientifique à travers les publications, sans chercher à expliquer ces évolutions. Le rapport n'établit pas de relation par exemple entre la structure des ressources scientifiques des pays et la mesure de la spécialisation de leurs publications. Il ne cherche pas non plus à établir de relation entre l'évolution des positions ou des performances des différents pays et d'éventuelles évolutions des politiques publiques.

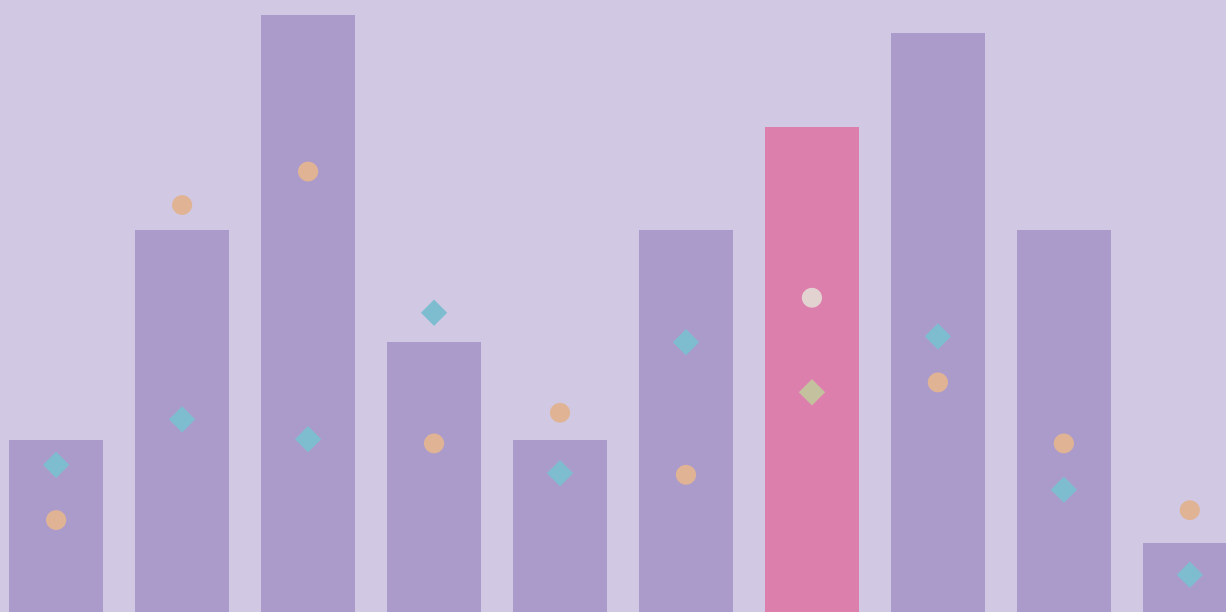
Références bibliographiques et sites

- Abramo, G., Cicero, T., & D'Angelo, C. A. (2011). Assessing the varying level of impact measurement accuracy as a function of the citation window length, *Journal of Informetrics*, 5(4), 659-667
- Adler, R., J., Ewing et P. Taylor, 2009, Citation statistics: A report from the international mathematical union (IMU) in cooperation with the international council of industrial and applied mathematics (ICIAM) and the Institute of Mathematical Statistics (IMS), *Statistical Science*, 24, 1-14.
<http://dx.doi.org/10.1214/09-STS285>
- Albarran P., R. Carrasco et J. Ruiz-Castillo, 2014, « The Elite in Economics », Working paper Economic Series, 14-14, Universidad Carlos III de Madrid
- ARWU, 2017, Academic Ranking of World Universities 2017
<http://www.shanghairanking.com/ARWU2017.html>
- Banque mondiale, 2017, Les données ouvertes de la Banque mondiale
<https://donnees.banquemondiale.org/>
- Bornmann, L. et R. Haunschild, 2017, Does evaluative scientometrics lose its main focus on scientific quality by the new orientation towards societal impact?, *Scientometrics*, 110:937-943
- Campbell, D., C. Lefebvre, M. Picard-Aitken, G. Coté, A. Ventimiglia, G. Roberge et E. Archambault, 2013, Country and regional scientific production profiles, Publication Office of the European Commission
- Castelvecchi, D., 2015, Physics paper sets record with more than 5 000 authors, *Nature*, doi:10.1038/nature.2015.17567
- CE 2016 Science, research and innovation performance in the EU
 - CE 2017, *European Innovation Scoreboard*
 - Chinchilla-Rodriguez, Z., K. Ocana-Rosa et B. Vargas-Quesada, 2016, How to combine research guarantor and collaboration patterns to measure scientific performance of countries in scientific fields: Nanoscience and nanotechnology as a Case study, *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 1 :2, doi : 10.3389/frma.2016.00002
- CWTS, 2017. CWTS Leiden Ranking 2017, <http://www.leidenranking.com/ranking/2017/list>
- De Solla Price, D. J., 1976, A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes, *Journal of the American Society of Informetric Science*, 27, 292-306.
- DGRI-DGE 2016, *L'innovation en France : indicateurs de positionnement international*
 - Dubois, P., J-C. Rochet et J-M. Schlenker, 2013, Productivity and mobility in academic research: evidence from mathematicians, *Scientometrics*, 98: 1669-1701
 - Ellegaard, O. et J.A. Wallin, 2015, The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?, *Scientometrics*, 105: 1809-1831
- Garousi, V. et J. M. Fernandes, 2017, Quantity versus impact of software engineering papers: a quantitative study, *Scientometrics*, 112:963-1006
- Glänzel, W., 2001, National characteristics in international scientific co-authorship relations, *Scientometrics*, 51: 69-115
- Glänzel, W., Thijs, B., & Schlemmer, B. (2004). A bibliometric approach to the role of author self-citations in scientific communication. *Scientometrics*, 59(1), 63-77.
- Khor, K. A. et L.-G. Yu, 2016, Influence of international co-authorship on the research citation impact of young universities, *Scientometrics*, 107: 1095-1110
- Jones, B.F., S. Wuchy et B. Uzzi, 2008, Multi-university research teams: Shifting impact, geography and stratification in science, *Science*, 332
- Jonkers, K. et C. Wagner, Open countries have strong science, *Nature* 550, doi: 10.1038/550032a

- Monaco, S., M. Wikgren, S. Gerdes Barriere, J. Gurell, S. Karlsson et H. Aldberg, The Swedish Research Barometer 2016, Swedish Research Council
- Narin, F. et E. Whitlow, 1990, *Measurement of scientific cooperation and coauthorship in CEC-related areas of science*, Office for Official Publications of the European Communities
- NSF, 2016, *Science and Engineering indicators*
- OCDE, 2016, *Compendium of Bibliometric Science Indicators*, <http://oe.cd/scientometrics>
- OCDE 2017, *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard*
- Panaretos, J. et C. Malesios, 2012, *Influential Mathematicians: Birth, Education and Affiliation*, MPRA Paper No. 68046, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/68046/>
- Pritychenko, B., 2016, *Fractional authorship in nuclear physics*, *Scientometrics*, 106:461–468
- Rodriguez-Navarro, A., 2016, *Research Assessment Based on Infrequent Achievements : A Comparison of the United-States and Europe in terms of Highly Cited papers and Nobel Prizes*, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(3): 731-40.
- Schlagberger, E.M., L. Bornmann et J. Bauer, 2016, *At what institutions did Nobel laureates do their prize-winning work? An analysis of biographical information on Nobel laureates from 1994 to 2014*, *Scientometrics*, 109:723–767
- SEFRI, 2018, *Les publications scientifiques en Suisse, 2006-2015*, Rapport du Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation
- Stephan, P., 2012, *How Economics Shapes Science*, Harvard University Press
- Sugimoto, C. R., N. Robinson-Garcia, D. S. Murray, A. Yegros-Yegros, R. Costas et V. Larivière, 2017, *Scientists have most impact when they're free to move*, *Nature* 550, doi: 1038/550029a
- UNESCO, 2015, *Rapport de l'UNESCO sur la science*, Éditions UNESCO
- UNESCO, 2017, *Statistiques de l'UNESCO, section Science, Technologie et Innovation* <http://data.uis.unesco.org/?lang=fr>
- Veugelers, R., 2017, *The challenge of China's rise as a science and technology powerhouse*, *Policy Contribution*, Issue n°19, Bruegel
- Waltman, L., 2016, *A review of the literature on citation impact indicators*. *Journal of Informetrics*, 10(2), 365–391.
- Wang, L., 2016, *The structure and comparative advantages of China's scientific research: quantitative and qualitative perspectives*, *Scientometrics*, 106:435–452, DOI 10.1007/s11192-015-1650-2
- Wieviorka, M., 2017, *Les sciences humaines et sociales françaises à l'échelle de l'Europe et du monde*, Rapport au secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, FMSH
- Wilsdon, J. et al., 2015, *The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management*, DOI: 10.13140/RG.2.1.4929.1363
- Winkler, A. E., W. Glänzel, S. Levin et P. Stephan, 2015, *The diffusion of the Internet and the increased propensity of teams to transcend institutional and national borders*, *Revue Économique*, janvier
- Zhou, P. et X. Lv, 2015, *Academic publishing and collaboration between China and Germany in physics*, *Scientometrics*, 105: 1875-87
- Zhou, P. et H. Tian, 2014, *Funded collaboration research in mathematics in China*, *Scientometrics*, 99:695–715
- : données sur la France, globales ou pour certaines disciplines/thématiques.

Annexes

A1. Méthodologie des analyses bibliométriques	92
A2. Publications dans le décile le plus cité selon le corpus	97
A3. Mobilité des lauréats du prix Nobel	98
A4. Corpus pour la discipline mathématique	99
A5. Carte mondiale des co-publications en mathématiques	101
A6. Glossaire	103



A1. Méthodologie des analyses bibliométriques

Cette annexe méthodologique porte sur les analyses bibliométriques du rapport. Pour les autres types de données (première partie et analyse de la mobilité des lauréats de prix Nobel), les sources et méthodes ont été indiquées dans le corps du texte.

1. Base de données des publications et classification disciplinaire

Les analyses bibliométriques de ce rapport s'appuient sur la base OST qui enrichit la base Web of Science de Clarivate Analytics avec des données complémentaires (géographiques, institutionnelles...). Le Web of Science est l'une des principales bases de données utilisées en bibliométrie* : elle recense les revues scientifiques et les actes de colloques les plus influents au niveau international. Elle privilégie les publications académiques, plus particulièrement les articles de recherche. Elle est plus représentative pour les disciplines bien internationalisées que pour les disciplines appliquées, de « terrain » ou à forte tradition nationale. Elle est ainsi moins représentative pour certains domaines de la recherche médicale, des sciences pour l'ingénieur, des sciences humaines et des sciences sociales. Néanmoins, la couverture de la base évolue et de nouvelles revues y sont intégrées chaque année suivant le processus de sélection mis en place par Clarivate Analytics¹.

La classification en onze grandes disciplines dans la base OST résulte d'une agrégation des domaines de recherche² établis par Clarivate Analytics. Les onze grandes disciplines sont :

- Biologie appliquée-écologie,
- Biologie fondamentale,
- Chimie,
- Informatique
- Mathématiques,
- Physique,
- Recherche médicale,
- Sciences de l'univers,
- Sciences humaines,
- Sciences pour l'ingénieur,
- Sciences sociales.

Les revues peuvent être rattachées à plusieurs domaines de recherche et donc, par agrégation, à plusieurs grandes disciplines. Les articles de revues multidisciplinaires (Nature, PNAS US et Science notamment) sont distribués dans les différentes grandes disciplines en fonction de leurs sujets.

Les indicateurs sont calculés en ne retenant que certains documents : les articles originaux (y compris ceux issus des actes de colloques), les articles de synthèse (reviews) et les lettres. Les documents pour lesquels une partie des informations est manquante (par exemple le code pays) ne sont pas pris en compte.

Dans la première partie, les indicateurs sont calculés pour les grandes disciplines et certains à un niveau plus fin pour les sciences humaines et les sciences sociales. Dans la partie consacrée aux mathématiques, la plupart des indicateurs sont aussi calculés pour les quatre domaines de recherche de la discipline (Mathématiques fondamentales, Mathématiques appliquées, Statistique & Probabilités, Mathématiques pour applications interdisciplinaires).

1. Des informations plus détaillées, sont disponibles sur le site, <https://clarivate.com/products/web-of-science/>

2. Voir http://images.webofknowledge.com/WOKRS5251R3/help/WOS/hp_subject_category_terms_tasca.html pour la liste des 252 subject categories. Wang et Waltman (2016) comparent les systèmes de classification des bases de données WoS et Scopus.

2. Méthodes de décompte

Les publications scientifiques sont souvent signées par deux ou plusieurs auteurs. De plus, ceux-ci peuvent appartenir à des institutions différentes, éventuellement situées dans des pays différents. De ce fait, il existe deux grands types de décompte des publications, entier et fractionnaire.

Compte entier

Le compte entier consiste à comptabiliser une publication pour chacune des entités signataires. De même, si la publication est indexée dans deux domaines de recherche, elle comptera pour 1 dans chacun des domaines. Le compte entier est utilisé pour mesurer la participation d'une entité à la publication ou encore sa présence dans un domaine de recherche (le compte entier est aussi appelé compte de présence). Dans la mesure où chaque publication est comptée autant de fois qu'il y a de signataires, le compte entier n'est pas additif (la somme des publications est supérieure au total consolidé, ou au total mondial par exemple).

Compte fractionnaire

Le compte fractionnaire vise à comptabiliser la contribution des signataires aux publications scientifiques. Une fraction de publication, assimilée à une contribution, est attribuée à chacun, ce qui permet de sommer les fractions sans double compte. Le compte fractionnaire étant additif à toutes les échelles et pour tous les niveaux de nomenclature, il permet de calculer des parts du total. Il est ainsi adapté aux analyses comparatives entre institutions ou pays par exemple.

La mise en œuvre du compte fractionnaire peut être illustrée en considérant une publication co-signée par deux auteurs affiliés à deux institutions, l'une en France et l'autre en Allemagne. Cette publication peut par ailleurs être affectée dans la base de données à trois domaines de recherche et deux disciplines, par exemple, « Statistique & Probabilités » et « Mathématiques appliquées » au sein de la discipline mathématiques et « Intelligence artificielle » au sein de la discipline informatique.

Dans cet exemple, le fractionnement de la publication va porter à la fois sur la dimension géographique et sur la dimension disciplinaire. Chacun des deux pays se voit attribuer une moitié ($1/2$) de la publication. D'un point de vue disciplinaire, la publication compte pour $2/3$ pour les mathématiques et $1/3$ pour l'informatique.

Le fractionnement total combine les deux fractions établies précédemment pour tenir compte des combinaisons pays/domaine ou pays/discipline. La part qui revient à la paire pays/discipline est le produit des fractions géographiques et disciplinaires. Dans l'exemple, le document va compter $1/6$ pour chacune des deux paires pays/informatique et $2/6$ pour chacune des deux paires pays/mathématiques. Ainsi, la France comme l'Allemagne se verront attribuer $1/6 + 2/6 = 1/2$.

Dans ce rapport, les deux types de décompte sont mobilisés. Le compte entier est utilisé pour le calcul des indices relatifs à la collaboration scientifique car il est plus approprié dans ce cas, l'objectif étant de dénombrer des collaborations. Pour les autres indicateurs de production ou d'impact, le compte fractionnaire est utilisé, l'objectif étant d'établir des comparaisons entre pays et/ou disciplines.

3. Indicateurs sur les publications scientifiques

Le rapport fournit trois familles d'indicateurs : de production, d'impact et de collaboration. L'ensemble des indicateurs est calculé sur une période couvrant les publications parues entre 2000 et 2015 (2013 pour les indicateurs d'impact). Les évolutions entre 2000 et 2015 sont détaillées par année ou en comparant deux périodes. Les deux premières parties du rapport comparent deux périodes de 5 ans, 2000-04 et 2011-15. La partie consacrée aux mathématiques a retenu deux périodes de 3 ans, 2000-02 et 2010-12, afin de pouvoir disposer d'une fenêtre de citations plus longue (voir ci-après).

Indicateurs de production scientifique

Les définitions des indicateurs sont fournies pour des pays. Elles pourraient être appliquées à des périmètres différents comme des régions ou des institutions universitaires. Les définitions sont fournies pour une année donnée ou une période donnée.

Nombre de publications

Cet indicateur donne le volume de publications pour un pays donné à un niveau de la nomenclature donné et pour une période donnée. Cet indicateur est dépendant de la taille du pays.

Part de publications

Pour un pays, la part de publications dans une discipline ou un domaine de recherche est définie par son nombre de publications rapporté au nombre de publications parues dans le monde dans la même discipline ou le même domaine de recherche. Cet indicateur représente le poids du pays dans le total mondial.

Pour une discipline, la part de publications ou le poids dans les publications est définie par le nombre de publications de la discipline rapporté au nombre total de publications d'un pays ou du monde.

Indice de spécialisation

L'indice de spécialisation scientifique d'un pays dans une discipline est défini par la part de la discipline dans les publications du pays, normalisée par cette même part de la discipline dans les publications mondiales.

Plus l'indice de spécialisation est supérieur à 1, plus le pays est dit « spécialisé » dans la discipline considérée.

Indicateurs d'impact

Les indicateurs d'impact s'appuient sur les références que font les articles scientifiques à d'autres publications. On distingue classiquement des indicateurs d'impact moyens et des indicateurs relatifs aux classes de publications les plus citées.

Nombre de citations et fenêtre de citation

Le nombre total de citations à N ans est défini par le nombre de citations reçues en N années par les publications d'un pays. Le délai N définit la fenêtre de citation, il inclut l'année de publication. Pour les parties 1 à 3, la fenêtre de citation est de 3 ans. Le choix d'une fenêtre de 3 ans s'appuie sur différentes études bibliométriques montrant que pour une analyse à un niveau agrégé, une fenêtre de 3 ans est suffisante pour calculer les indicateurs bibliométriques³.

À des grains d'analyse plus fins, le choix de la fenêtre de citation doit prendre en compte les spécificités des domaines de recherche. Or, une fenêtre de citations de 3 ans n'est pas suffisante en mathématiques. Les analyses bibliométriques (Abramo et al. 2011), comme les entretiens menés avec des mathématiciens ont suggéré de choisir une fenêtre plus longue. L'analyse des positions de tous les pays publiant par une corrélation des rangs montre qu'à partir de 4 ans, les rangs des pays sont très stables.

Le tableau A1. indique le degré de corrélation des rangs des pays lorsqu'ils sont ordonnés selon le nombre de citations reçues par leurs publications en mathématiques. Les fenêtres de 3 à 10 ans, sont notées F3, F4... F10. F11+ représente l'absence de fenêtre : toutes les citations reçues par une publication sont comptabilisées, sans limite de temps. Chaque intersection de ligne et de colonne donne le coefficient de corrélation de Spearman entre les fenêtres de citations. Le tableau montre que les rangs des pays se stabilisent (coefficient de corrélation supérieur à 0.9) à partir d'une fenêtre de 4 ans.

La même analyse a été menée pour chacun des domaines. L'examen des rangs par domaine de la discipline indique que pour un seuil de corrélation fixé à 0,90, les rangs des pays sont moins stables pour une fenêtre de 4 ans. C'est le cas notamment en Mathématiques fondamentales et en Mathématiques appliquées. La partie du rapport consacrée à la discipline mathématique a donc retenu une fenêtre de citation de 5 ans pour le calcul des indicateurs d'impact. Ceci afin de garantir la stabilité des rangs des pays tant au niveau de l'ensemble de la discipline que pour les domaines de recherche au sein des mathématiques.

3. Voir par exemple, Glänzel et al. (2004) ; Abramo et al. (2011), Waltman (2016).

Tableau A1. Corrélation de rangs des pays suivant le nombre de citations reçues en mathématiques, selon la fenêtre de citation

	F. 3 ans	F. 4 ans	F. 5 ans	F. 6 ans	F. 7 ans	F. 8 ans	F. 9 ans	F. 10 ans	F. 11+ ans
F. 3 ans	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,88	0,88
F. 4 ans	0,95	1,00	0,99	0,97	0,95	0,95	0,95	0,93	0,91
F. 5 ans	0,93	0,99	1,00	0,99	0,96	0,96	0,96	0,95	0,92
F. 6 ans	0,92	0,97	0,99	1,00	0,97	0,97	0,97	0,96	0,93
F. 7 ans	0,90	0,95	0,96	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99	0,96
F. 8 ans	0,90	0,95	0,96	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99	0,96
F. 9 ans	0,90	0,95	0,96	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99	0,96
F. 10 ans	0,88	0,93	0,95	0,96	0,99	0,99	0,99	1,00	0,95
F. 11+ ans	0,88	0,91	0,92	0,93	0,96	0,96	0,96	0,95	1,00

Impact normalisé par domaine de recherche (IND)

Les études bibliométriques montrent que les pratiques de publication et de citations diffèrent entre domaines de recherche et entre disciplines. Alder et al. (2009) ont ainsi montré que la discipline mathématique est celle dont les documents tendent à être les moins cités. Le nombre de citations par publication n'est donc pas statistiquement comparable entre disciplines sans précautions méthodologiques.

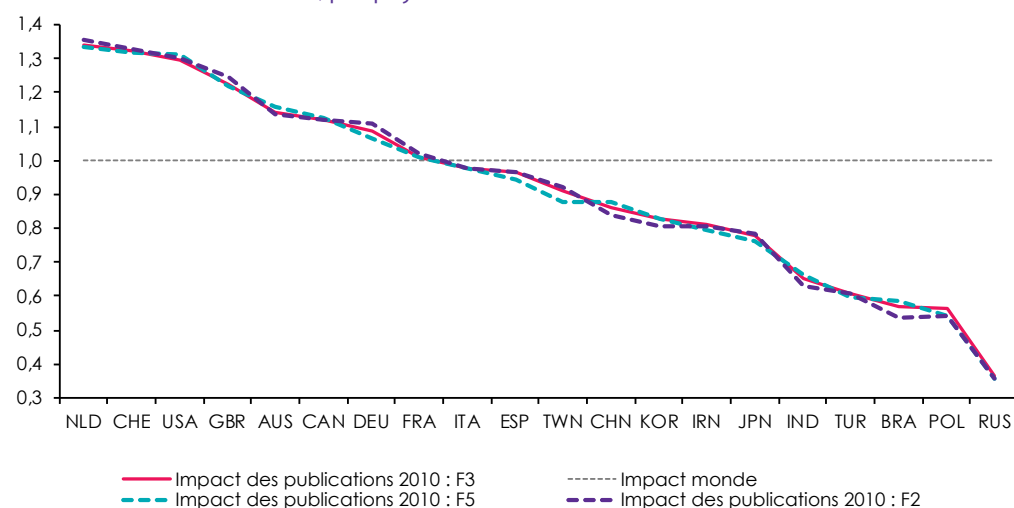
L'impact normalisé par domaine de recherche d'un pays est défini par le nombre moyen de citations des publications du pays, normalisé par la moyenne des citations des publications mondiales de ce domaine.

La valeur de l'indicateur pour une discipline est obtenue comme une moyenne pondérée des valeurs pour chacun des domaines de recherche qui composent la discipline.

Par construction, l'IND est égal à 1 pour le monde. Pour un pays, un IND supérieur (respectivement inférieur) à 1 traduit le fait que ses publications sont plus (respectivement moins) citées que la moyenne mondiale.

Le graphique A1. fournit les indices IND des publications parues en 2010 pour des fenêtres de 2, 3 et 5 ans.

Graphique A1. Indices IND des publications pour différentes fenêtres de citation, toutes disciplines confondues, par pays



Impact Moyen des Revues (IMR)

L'impact moyen des revues dans un domaine mesure l'impact qu'auraient les publications d'un pays si chacune devait recevoir le nombre moyen de citations (NMC) des articles de la revue support. L'IMR est défini par la moyenne des NMC du pays, normalisé par la moyenne mondiale des citations reçues dans le domaine.

La valeur de l'indicateur pour une discipline est obtenue comme une moyenne pondérée des IMR de chacun des domaines composant la discipline.

Par construction, l'IMR est égal à 1 pour le monde. Pour un pays, un IMR supérieur (respectivement inférieur) à 1 traduit le fait que ses publications paraissent dans des revues plus (respectivement moins) citées que la moyenne mondiale.

Comme l'indice d'impact des publications, il est calculé sur une fenêtre de citation qui peut varier.

Classes de citation et indice d'activité

Les classes de citations constituent une nomenclature des publications scientifiques selon l'intensité avec laquelle elles sont citées. Elles correspondent à des découpages de l'ensemble des publications en percentiles décroissants en fonction du nombre de citations reçues au niveau mondial pour une fenêtre de citation donnée. La construction des classes est effectuée par domaine de recherche. Le centile des publications les plus citées au monde par exemple correspond aux 1 % des publications ayant reçu le plus de citations.

En théorie la part des publications dans le centile le plus cité devrait être égale à 1 % du total mondial des publications. En fait, ce n'est pas tout à fait le cas car de nombreuses publications reçoivent le même nombre de citations (y compris zéro citation). D'où le calcul des indices d'activité qui permettent de revenir à une référence mondiale simple. L'indice d'activité d'un pays dans une classe de citation est défini par le ratio entre la part des publications du pays dans cette classe de citation et la part des publications du monde dans la même classe. Un indice d'activité supérieur (respectivement inférieur) à 1 dans une classe traduit une part du pays dans la classe au-dessus (respectivement en dessous) de la moyenne mondiale.

Indicateurs de co-publication

La mesure utilisée pour désigner le type de co-publication (nationale, internationale...) repose sur une démarche institutionnelle. Est considérée comme co-publication, une publication ayant deux adresses d'affiliation différentes même si cette dernière est publiée par un seul auteur. De même, une publication ayant plusieurs auteurs est considérée comme étant une publication individuelle si l'ensemble des auteurs partagent la même adresse d'affiliation.

Nombre et part de co-publications

On parle de co-publication nationale, quand toutes les adresses d'affiliation des partenaires mentionnent le même pays. Lorsque le partenariat implique une ou plusieurs institutions étrangères, on parle de co-publication internationale. Une co-publication impliquant uniquement des auteurs d'institutions localisées dans deux pays différents est une co-publication internationale bilatérale.

Pour un pays donné, la part des co-publications rapporte le nombre des co-publications au nombre total de publications du pays.

Part des co-publications et indice d'internationalisation

Pour un pays donné, la part des co-publications internationales rapporte le nombre des co-publications internationales au nombre total de publications du pays. La propension à collaborer, notamment avec des institutions étrangères, dépend du domaine de recherche. Afin de comparer les domaines et les disciplines, il faut donc normaliser le taux de co-publication.

L'indice d'internationalisation d'un pays dans une discipline rapporte son taux de co-publication internationale à la part des co-publications internationales de tous les pays dans la même discipline. Si l'indice est supérieur à 1, le pays tend à collaborer plus que l'ensemble des pays avec des partenaires étrangers dans la discipline.

Indice d'affinité scientifique

L'indicateur d'affinité scientifique est calculé pour des paires de pays. Il permet de rendre compte de l'intensité des collaborations scientifiques entre deux pays par rapport au potentiel de collaboration internationale qu'ils représentent. Pour deux pays A et B, l'indice d'affinité est un double rapport : la part des co-publications de A avec B dans le total des co-publications internationales de A, rapporté à la part de co-publications internationales de B dans le total des co-publications internationales dans le monde. Cet indicateur est symétrique entre A et B.

A2. Publications dans le décile le plus cité selon le corpus

Le tableau fournit le nombre de publications dans le décile le plus cité au monde et l'intensité de ces publications dans le total national. Il est ordonné sur l'indice d'activité dans le décile le plus cité pour la base OST en 2015 (avant dernière colonne).

Tableau A2. Publications dans le décile^a le plus cité au monde selon le corpus, 2005 et 2015

Pays ^{b, c}	Nombre de publications 2015		Part des publications dans le décile, 2005		Part des publications dans le décile, 2015		Indice d'activité dans le décile le plus cité*, 2005		Indice d'activité dans le décile le plus cité*, 2015	
	WoS	SCOPUS	WoS	SCOPUS	WoS	SCOPUS	WoS	SCOPUS	WoS	SCOPUS
SGP	9 550	12 200	11,5 %	13,7 %	15,7 %	17,0 %	1,08	1,37	1,60	1,70
CHE	17 852	24 000	16,5 %	15,3 %	14,6 %	15,3 %	1,55	1,53	1,49	1,53
NLD	27 024	35 000	14,3 %	15,3 %	13,8 %	14,8 %	1,34	1,53	1,41	1,48
DNK	12 009	15 500	14,3 %	14,1 %	13,3 %	14,2 %	1,34	1,41	1,35	1,42
USA	354 592	498 800	14,8 %	14,8 %	13,2 %	13,9 %	1,39	1,48	1,35	1,39
GBR	83 578	124 000	12,6 %	13,4 %	13,1 %	13,6 %	1,18	1,34	1,33	1,36
BEL	14 275	18 700	12,4 %	12,4 %	12,6 %	13,3 %	1,16	1,24	1,28	1,33
AUS	46 393	62 200	10,4 %	11,4 %	12,4 %	12,6 %	0,98	1,14	1,27	1,26
SWE	17 427	22 900	11,6 %	12,6 %	11,5 %	12,5 %	1,09	1,26	1,17	1,25
DEU	82 608	112 800	12,3 %	10,8 %	11,4 %	12,1 %	1,15	1,08	1,16	1,21
CAN	51 087	67 900	11,6 %	12,4 %	11,4 %	11,5 %	1,09	1,24	1,16	1,15
AUT	10 017	14 100	10,9 %	11,1 %	10,7 %	11,2 %	1,02	1,11	1,10	1,12
ITA	56 370	77 700	9,5 %	10,4 %	10,7 %	12,8 %	0,89	1,04	1,09	1,28
FIN	9 127	12 300	10,9 %	11,5 %	10,6 %	11,4 %	1,02	1,15	1,08	1,14
FRA	57 013	77 000	10,5 %	10,4 %	10,2 %	10,3 %	0,98	1,04	1,04	1,03
ESP	46 900	62 100	9,3 %	8,9 %	9,5 %	9,6 %	0,87	0,89	0,97	0,96
CHN	293 803	397 900	7,1 %	4,2 %	9,4 %	7,6 %	0,66	0,42	0,96	0,76
ISR	10 726	13 300	10,2 %	11,2 %	9,3 %	10,1 %	0,96	1,12	0,95	1,01
GRC	8 572	12 600	7,4 %	9,3 %	8,3 %	8,7 %	0,70	0,93	0,85	0,87
KOR	53 170	67 200	7,4 %	8,1 %	7,7 %	7,4 %	0,70	0,81	0,78	0,74
JPN	72 846	101 000	7,8 %	7,2 %	6,4 %	6,9 %	0,74	0,72	0,65	0,69
IND	63 553	118 700	5,1 %	6,1 %	6,3 %	5,1 %	0,48	0,61	0,64	0,51
CZE	11 741	16 700	6,2 %	4,6 %	5,5 %	6,2 %	0,59	0,46	0,56	0,62
POL	25 179	32 600	4,7 %	4,1 %	5,5 %	6,6 %	0,44	0,41	0,56	0,66
TUR	29 645	36 500	4,1 %	5,6 %	4,3 %	4,4 %	0,38	0,56	0,44	0,44
BRA	38 427	54 700	4,7 %	6,0 %	4,3 %	4,3 %	0,44	0,60	0,44	0,43
MEX	11 246	15 200	4,4 %	4,9 %	3,8 %	3,8 %	0,41	0,49	0,39	0,38
RUS	34 702	54 300	2,7 %	2,0 %	3,1 %	4,8 %	0,26	0,20	0,32	0,48

a. Calcul du décile le plus cité pour le monde dans la base OST : 2005 = 10,6 % ; 2015 = 9,8 %.

b. IRN et TWN ne sont pas disponibles dans OCDE (2017).

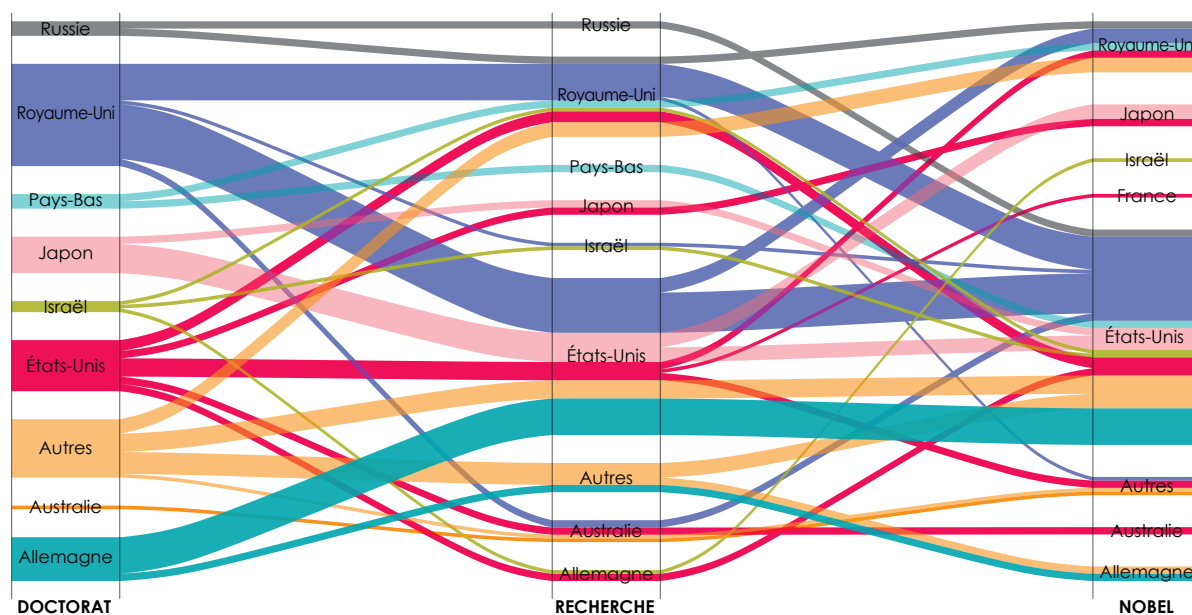
c. Seuls les pays ayant au moins 8 000 publications sont retenus.

A3. Mobilité des lauréats du prix Nobel

Le graphique ci-dessous est complémentaire du graphique 12 et du tableau 4 du rapport. Il se concentre sur les lauréats ayant effectué au moins une mobilité internationale à l'un des stades de leur carrière après le doctorat, soit au moment des travaux décisifs ayant conduit au prix (« Recherche »), soit au moment de la remise de ce prix (« Nobel »).

La France n'ayant pas de lauréat parti dans des institutions à l'étranger, elle ne figure pas dans la liste des pays au moment du doctorat. L'un des lauréats présents aux États-Unis lors de la phase Recherche est en France au moment de la remise de son prix et la France apparaît donc à l'étape « Nobel ».

Graphique A3. Mobilité internationale des lauréats des prix Nobel scientifiques, 1994-2017, chercheurs ayant effectué au moins une mobilité à l'un des stades de leur carrière



 www.hceres.fr/Rapport-PSF-Graphique-A3

Source : données Schlagberger et al. (2016) et site du prix Nobel ; calculs OST

A4. Corpus pour la discipline mathématique

Tableau A4a. Liste des revues classées A* par l'Australian Mathematical Society

Rank	Journal Name	ISSN_1	Rank	Journal Name	ISSN_1
A*	Acta Mathematica	0001-5962	A*	SIAM Journal on Optimization	1052-6234
A*	Acta Numerica	0962-4929	A*	SIAM Review	0036-1445
A*	Advances in Mathematics	0001-8708	A*	Studies in Applied Mathematics	0022-2526
A*	Advances in Theoretical and Mathematical Physics	1095-0761	A*	Transactions of the American Mathematical Society	0002-9947
A*	American Journal of Mathematics	0002-9327	A*	Bulletin of the American Mathematical Society	0273-0979
A*	Annals of Mathematics	0003-486X	A*	Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure	0012-9593
A*	Archive for Rational Mechanics and Analysis	0003-9527	A*	Applied and Computational Harmonic Analysis	1063-5203
A*	Calculus of Variations and Partial Differential Equations	0944-2669	A*	Journal of the European Mathematical Society	1435-9855
A*	Chaos	1054-1500	A*	Institut des Hautes Études Scientifiques, Paris. Publications Mathématiques	0073-8301
A*	Commentarii Mathematici Helvetici	0010-2571	A*	Journal fuer die Reine und Angewandte Mathematik: Crelle's journal	0075-4102
A*	Communications in Mathematical Physics	0010-3616	A*	Journal of Mathematical Logic	0219-0613
A*	Communications in Partial Differential Equations	0360-5302	A*	Annals of Applied Probability	1050-5164
A*	Communications on Pure and Applied Mathematics	0010-3640	A*	Annals of Probability	0091-1798
A*	Duke Mathematical Journal	0012-7094	A*	Annals of Statistics	0090-5364
A*	Ergodic Theory and Dynamical Systems	0143-3857	A*	Journal of Business and Economic Statistics	0735-0015
A*	Geometric and Functional Analysis	1016-443X	A*	Journal of Computational and Graphical Statistics	1061-8600
A*	Geometry and Topology	1465-3060	A*	Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	1742-5468
A*	Indiana University Mathematics Journal	0022-2518	A*	Journal of the American Statistical Association	0162-1459
A*	Inventiones Mathematicae	0020-9910	A*	Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology	1369-7412
A*	Inverse Problems	0266-5611	A*	Probability Theory and Related Fields	0178-8051
A*	Journal of Algebra	0021-8693	A*	Statistics in Medicine	0277-6715
A*	Journal of Combinatorial Theory, Series A	0097-3165	A*	Annals of Applied Statistics	1932-6157
A*	Journal of Combinatorial Theory, Series B	0095-8956	A*	Biometrika	0006-3444
A*	Journal of Differential Equations	0022-0396	A*	Journal of Mathematical Biology	0303-6812
A*	Journal of Differential Geometry	0022-040X	A*	Nuclear Physics, Section B	0550-3213
A*	Journal of Functional Analysis	0022-1236	A*	Journal of Fluid Mechanics	0022-1120
A*	Journal of Geometry and Physics	0393-0440	A*	Physics of Fluids	1070-6631
A*	Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	1751-8113	A*	Journal of the Mechanics and Physics of Solids	0022-5096
A*	Journal of the American Mathematical Society	0894-0347	A*	Operations Research	0030-364X
A*	Mathematical Programming	0025-5610	A*	Journal de Mathématiques Pures et Appliquées	0021-7824
A*	Mathematics of Operations Research	0364-765X	A*	American Mathematical Society. Memoirs	0065-9266
A*	Mathematische Annalen	0025-5831	A*	Annales de l'Institut Henri Poincaré (C) Analyse Non Linéaire	0294-1449
A*	Nonlinearity	0951-7715	A*	Biometrics	0006-341X
A*	Numerische Mathematik	0029-599X	A*	Journal of Computational Physics	0021-9991
A*	Physica D-Nonlinear Phenomena	0167-2789	A*	Journal of Theoretical Biology	0022-5193
A*	London Mathematical Society. Proceedings	0024-6115	A*	The Journal of High Energy Physics	1029-8479
A*	SIAM Journal on Applied Mathematics	0036-1399	A*	Biostatistics	1465-4644
A*	SIAM Journal on Control and Optimization	0363-0129	A*	Journal of Physics A: Mathematical and General	0305-4470
A*	SIAM Journal on Numerical Analysis	0036-1429			

Source : https://www.austms.org.au/Rankings/AustMS_final_ranked.html

Tableau A4b. Nombre de publications^a pour chaque corpus, pays du Référentiel mathématiques

Pays	Nombre de publications en maths, WoS 2000-15	Nombre de publications dans les revues A* 2000-15	Nombre de publications dans le centile le plus cité en maths 2000-12	Nombre de publications des mathématiciens lauréats ^b , 2000-15
Autriche	4 431	660	33	-
Belgique	5 116	684	33	110
Canada	17 619	2 612	102	-
Chine	86 418	4 611	549	-
Allemagne	31 181	5 201	172	20
Espagne	19 550	2 274	110	-
France	37 283	7 478	260	135
Royaume-Uni	23 444	4 531	200	29
Iran	9 272	-	83	-
Israël	7 410	1 325	34	142
Italie	24 317	-	124	11
Japon	23 098	-	75	11
Pays-Bas	5 666	804	31	-
Roumanie	6 117	-	38	-
Russie	21 053	873	27	104
Suède	4 543	671	26	7
États-Unis	114 783	25 382	1 256	365
Monde	596 086	75 714	5 586	1 056

a. Compte fractionnaire, arrondi à l'unité.

b. Médaille Fields, prix Abel, Gauss et Wolff.

 www.hceres.fr/Rapport-PSF-Tableau-A4b

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST

A5. Carte mondiale des co-publications en mathématiques

Cette cartographie porte sur les co-publications entre tous les pays publiant en mathématiques entre 2000 et 2015. Lorsqu'une publication est co-signée par des auteurs affiliés dans deux ou plusieurs pays, cette co-publication définit de fait un lien entre les pays impliqués. Les graphiques 41a et 41b ont mis en évidence le caractère central des États-Unis dans les collaborations entre les pays du *Référentiel mathématiques*. Mais quel serait le paysage des mathématiques si l'on prenait en compte tous les pays ?

La carte A5 figure les liens révélés entre tous les pays par les co-publications internationales. Deux pays sont proches s'ils représentent l'un pour l'autre une part importante des co-publications. L'épaisseur des traits est proportionnelle à l'intensité des co-publications ; ils peuvent ne pas être visibles si les co-publications sont peu nombreuses. Deux pays appartiennent à un même groupe lorsque la distance obtenue en combinant les liens qui les unissent est faible. La carte fait apparaître 6 groupes constitués de pays qui ont entre eux plus de co-publications qu'ils n'en ont avec les pays hors du groupe.

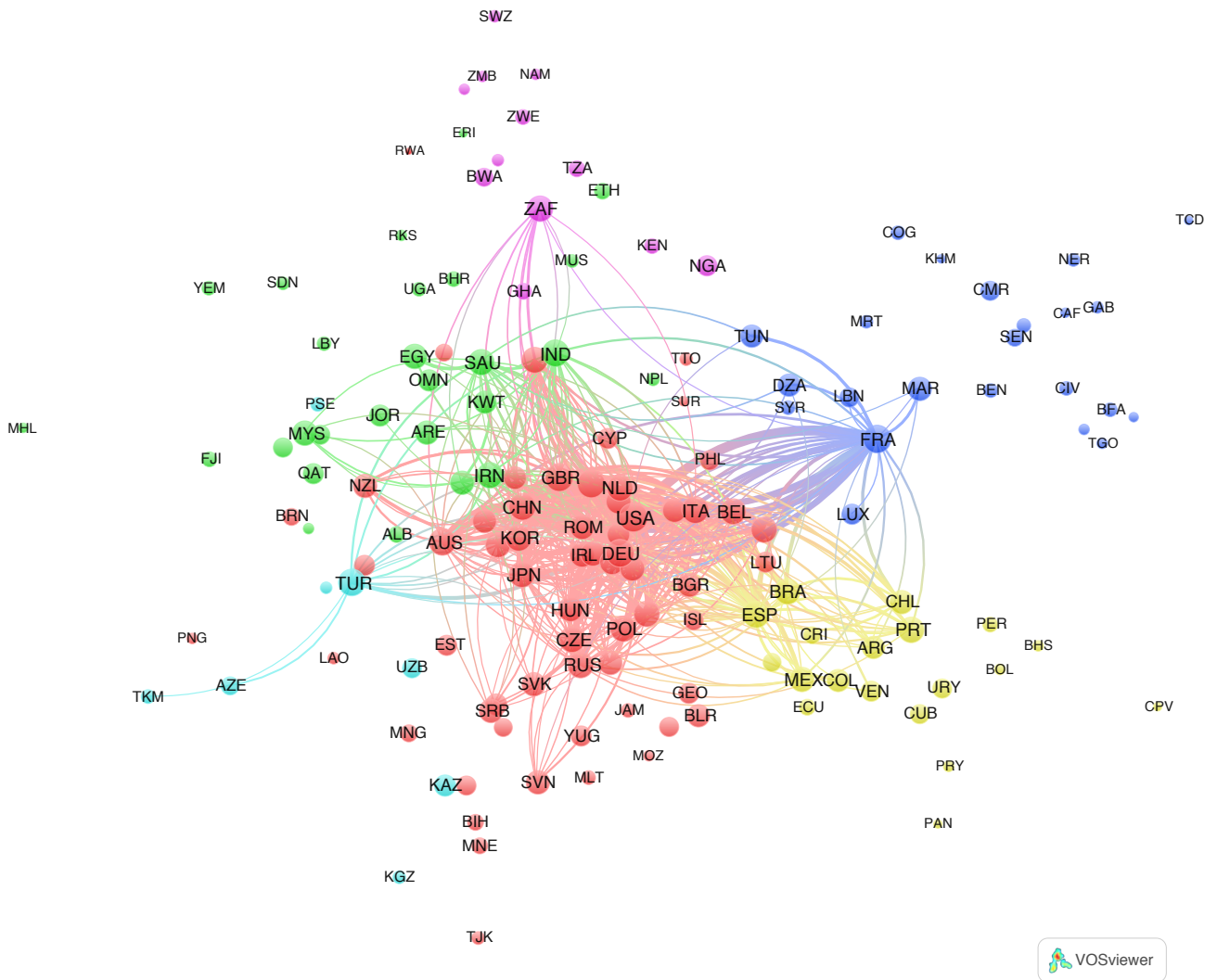
Le groupe central (rouge) comporte le plus grand nombre de membres. Les États-Unis qui représentent 37 % du total des co-publications mondiales sont leader dans ce groupe central. Ils ont de nombreuses co-publications avec des pays qui peuvent être géographiquement et culturellement éloignés les uns des autres. Le groupe central compte ainsi des pays d'Europe, d'Asie, du Moyen Orient ou d'Océanie. La Russie qui appartient à ce groupe amène dans son sillage les pays de l'Est de l'Europe.

Les autres groupes sont constitués de pays proches géographiquement ou culturellement.

- Un groupe francophone mené par la France est constitué de pays africains et du Moyen-Orient, mais aussi du Luxembourg (mais la Belgique appartient au groupe central). Ces pays ont moins de liens entre eux qu'ils n'en ont avec la France. Leur position sur la carte indique qu'ils ont encore moins de liens avec d'autres grands pays des mathématiques.
- Un groupe hispanique mené par l'Espagne est constitué de pays d'Amérique latine. Contrairement au groupe francophone, certains pays d'Amérique latine ont développé des collaborations avec d'autres grands pays des mathématiques.
- Le groupe d'Afrique australe et de l'Est est mené par l'Afrique du sud. Il est éloigné du groupe central car l'Afrique du Sud a peu de liens avec les grands pays des mathématiques.
- Le groupe des pays du Moyen Orient n'a pas de leader notable mais ses pays ont des liens avec des pays du groupe mené par les États-Unis, notamment à travers l'Inde et l'Iran qui sont dans des positions intermédiaires.
- Un groupe d'Asie centrale est mené par la Turquie.

Les leaders de plusieurs groupes, tels que la France et l'Espagne, sont assez proches du groupe central à cause de l'intensité de leurs co-publications avec les États-Unis.

Graphique A5. Réseau mondial des co-publications en mathématiques, 2000-15



A6. Glossaire

Affinité scientifique

L'affinité scientifique est mesurée pour les co-publications. Au niveau national, l'indice d'affinité scientifique mesure le taux de co-publication entre deux pays, en comparaison de leur taux de co-publication potentiel, qui dépend du poids de ces partenaires dans les co-publications mondiales. La définition précise de l'indice est fournie dans l'annexe méthodologique.

Article scientifique

Un article scientifique est une forme de diffusion de l'information scientifique et des résultats de recherche d'un ou plusieurs chercheurs, destiné essentiellement à leurs pairs. En général, sa publication s'accompagne de méta-données importantes pour l'identification et la comparaison des articles entre eux : support de publication, titre, noms et affiliation(s) des auteurs, résumé, mots-clés, références à d'autres articles et éventuellement DOI.

Voir aussi l'entrée publication.

Base de données bibliographique / bibliométrique

Une base de données bibliographique est une instance permettant de répertorier des objets bibliographiques (articles scientifiques, livres, etc.). Grâce aux normes de catalogage, ce type de base de données permet de retrouver facilement un document, les publications d'un auteur en particulier, des publications traitant des thématiques similaires (grâce aux mots-clés), etc. Toute base de données bibliométrique est une base bibliographique. L'inverse n'étant pas vrai. En plus de l'information classique que doit contenir chaque base bibliographique, les bases de données bibliométriques ont la spécificité d'inclure des informations liées à l'impact qu'une publication ou une revue suscite dans la communauté scientifique à travers le décompte des citations.

Bibliométrie / scientométrie

La bibliométrie développe et utilise des indicateurs quantitatifs pour mesurer la production, l'impact ou la collaboration scientifique à travers l'analyse des publications. La scientométrie est plus large et peut être définie comme la science de la mesure et de l'analyse de la science. Elle applique les techniques bibliométriques au champ des études de la science et de la technologie mais analyse également les financements, les ressources humaines, les brevets, etc. En pratique, il existe des recouvrements entre la scientométrie, la bibliométrie et d'autres domaines d'analyse comme la science de l'information ou l'analyse des systèmes de recherche et d'innovation.

Capacité d'absorption des connaissances

La capacité d'absorption d'une entreprise a été initialement définie comme l'aptitude à reconnaître la valeur de l'information nouvelle, à l'assimiler, et à l'appliquer à des fins commerciales. La notion a été développée en 1990 dans un article célèbre (Cohen, W. M. and D. A. Levinthal, 1990, Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation, *Administrative Science Quarterly*).

Citation

La citation permet aux auteurs de renvoyer aux travaux antérieurs qui ont porté sur le même sujet, dans le but de reconnaître l'antériorité, comparer et/ou critiquer. La citation est considérée comme une mesure de l'influence académique des travaux de recherche. Un article qui génère beaucoup de citations, signifie qu'il dispose d'une importance particulière au sein de la communauté scientifique.

Citation normalisée

Pour une publication, la normalisation consiste à diviser le nombre de citations qu'elle reçoit par le nombre moyen de citations dans la catégorie dont elle fait partie. La normalisation permet de faire des comparaisons inter-disciplines étant donné les pratiques citationnelles de chaque discipline sont prises en compte.

Classification disciplinaire

La classification disciplinaire consiste à regrouper des revues en fonction des liens de citations qui les relient dans des disciplines. Une revue peut appartenir à plusieurs domaines de recherche. Il existe différents niveaux d'agrégation des disciplines. Dans le Web of Science, il existe deux principaux niveaux d'agrégation ; fin en 252 spécialités et plus agrégé avec 150 spécialités.

Compte entier / Compte fractionnaire

Le compte entier consiste à affecter à chaque signataire d'une publication (chercheurs, institutions, pays, etc.) un crédit complet. Le compte fractionnaire, consiste à fractionner le crédit de la publication ou de la citation sur l'ensemble des contributeurs. Ainsi, une publication co-écrite entre un français et un anglais sera comptabilisée pour chaque pays « 1 » en compte entier et « ½ » en compte fractionnaire. Il en va de même pour les citations. Il existe également du fractionnement au niveau disciplinaire (pour les publications multidisciplinaires). Dans ce rapport, le compte fractionnaire signifie que le fractionnement est effectué pour les deux niveaux (géographique et disciplinaire). Voir la méthodologie.

Co-publication

Une co-publication est une publication co-signée par au moins deux institutions différentes, publiques et/ou privées, domiciliées dans le même pays et/ou dans des pays différents.

Co-publication bilatérale

Une co-publication bilatérale est une publication impliquant uniquement des adresses d'affiliation dans deux pays différents.

Co-publication internationale

Est considérée comme co-publication internationale, une publication impliquant au moins une adresse dans le pays considéré et une adresse à l'étranger.

Co-publication multilatérale

Une co-publication multilatérale est une publication impliquant plus de deux adresses d'affiliations différentes.

Co-publication nationale

Une co-publication est considérée comme nationale ou strictement nationale, si elle ne comporte que des adresses d'affiliation du pays considéré.

DIRDA

Les dépenses intérieures de R&D des administrations (DIRDA) sont les dépenses de R&D de l'État (y compris les organismes de recherche), de l'enseignement supérieur et des institutions sans but lucratif réalisées sur le territoire national. Le périmètre des dépenses considérées est précisé dans le Manuel de Frascati (OCDE, 2015), utilisé pour établir les enquêtes nationales en matière de R&D.

Discipline

Une discipline scientifique est représentée par une communauté de chercheurs plus ou moins importante, travaillant sur les mêmes thématiques ou sur des thématiques similaires, participant à des conférences communes et publiant dans les mêmes revues. D'un point de vue technique, le périmètre d'une discipline est défini par les classifications et nomenclatures professionnelles. Pour les publications, il s'agit des classifications des bases de données qui sont variables : plus ou moins détaillées et distinguant plus ou moins précisément les disciplines et domaines de recherche.

Fenêtre de citation

Représente le délai, incluant l'année de publication, pris en compte pour comptabiliser le nombre de citations reçues par une publication. Il varie en général entre 2, 3 et 5 ans. Dans ce rapport une fenêtre de 3 ans est utilisée, sauf pour la partie consacrée aux mathématiques qui utilise une fenêtre de citation de 5 ans.

Impact scientifique / académique

En bibliométrie, l'impact académique est souvent mesuré par des indicateurs construits à partir de citations. Ce choix s'appuie sur la pratique des références dans les publications scientifiques. Les documentés

cités en référence sont considérés comme ayant eu une influence sur le document citant. Les indicateurs retenus dans le rapport sont présentés dans l'annexe méthodologique.

OCDE

L'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) est une organisation internationale qui a été créée en 1961. Elle compte actuellement 35 pays membres.

Sa mission est de promouvoir les politiques qui amélioreront le bien-être économique et social. Elle conseille les gouvernements dans des domaines variés (échanges commerciaux, finances publiques, lutte contre la corruption, promotion de la croissance à travers l'innovation, politiques environnementales, éducation...). L'OCDE produit ou rassemble des statistiques très variées et développe des recommandations pour la production de statistiques.

PIB

Le produit intérieur brut est le principal indicateur de mesure de la production économique réalisée à l'intérieur d'un pays. Il quantifie la valeur totale de la production des agents résidant à l'intérieur du pays.

PPA

Les parités de pouvoir d'achat (PPA) sont les taux de conversion monétaire qui permettent d'égaliser les pouvoirs d'achat des différentes monnaies en éliminant les différences de niveaux des prix entre pays.

Le PIB en PPA est le produit intérieur brut converti en dollars internationaux courants au moyen des taux de parité des pouvoirs d'achat (PPA). Un dollar international a le même pouvoir d'achat sur le PIB du pays déclarant qu'un dollar américain aux États-Unis.

Publication

Le terme de publication renvoie aux différentes formes de publications scientifiques prises en compte dans le rapport : les articles dans des revues à comité de lecture, les contributions à des colloques ayant donné lieu à publication d'actes notamment. Les auteurs de ces publications scientifiques sont le plus souvent des chercheurs académiques, mais peuvent aussi être des chercheurs d'entreprises.

Publication mono adresse

C'est une publication comportant l'adresse d'une seule institution.

Référentiel France

France, Allemagne, Corée du Sud, Espagne, États-Unis, Italie, Japon, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède.

Référentiel mathématiques

France, Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Chine, Espagne, États-Unis, Iran, Israël, Italie, Japon, Pays-Bas, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Suède.

Scopus

Est une base de données bibliométriques internationale. Elle a été créée en 2004 et recense actuellement plus de 20 000 revues.

Voir : <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>

Spécialisation

La spécialisation scientifique dans une discipline signifie qu'un acteur (pays ou institution) a une part importante de sa production scientifique dans cette discipline relativement à une zone de référence. L'indice de spécialisation rapporte la part des publications de cet acteur dans une discipline à la part moyenne de cette même discipline dans l'ensemble des publications de la zone de référence.

Web of Science

La base de données Web of Science (WoS), produite par Clarivate Analytics, est une base de données bibliométriques internationale. C'est la base bibliométrique enrichie par l'OST pour constituer sa base de données.

Voir : <https://clarivate.com/products/web-of-science/>

Remerciements

Ce rapport a été réalisé par l'équipe de l'Observatoire des Sciences et Techniques sous la direction de Frédérique Sachwald. Abdelghani Maddi a plus particulièrement travaillé sur les analyses bibliométriques des parties 2 et 3 du rapport, Wilfriedo Mescheba sur la partie 4 consacrée à la discipline mathématique et Agénor Lahatte sur la série d'encadrés sur l'impact de la Chine. Aouatif de la Laurencie a contribué à l'analyse des disciplines de sciences humaines et sociales ; Bernard Pottier et Justin Quemener ont contribué à l'analyse de la mobilité des lauréats du prix Nobel. Mathieu Goudard et Hélène Mechoulam ont chacun fait une relecture attentive du rapport.

Isabelle Mézières de l'OST et Caroline Cordier, déléguée à la communication du Hcéres, ont assuré le soutien éditorial, en lien avec la société Créapix qui a réalisé la maquette. Maguelonne Thiéry, responsable multimedia du Hcéres et Éline Lazarini, assistante digitale, ont pris en charge la mise en ligne du rapport et l'inclusion des données accessibles à partir de liens sous les graphiques et tableaux.

Les analyses de la partie consacrée aux mathématiques ont été enrichies par les entretiens qui ont pu être conduits avec des chercheurs. Leurs questions, remarques et explications ont été très utiles pour approfondir l'exploration des données et nous convaincre qu'il faut poursuivre des travaux sur cette discipline. Nous remercions donc très sincèrement Pascal Auscher, Philippe Briand, Jean-Yves Mérindol, Dominique Picard, Jean-Marc Schlenker, Alexandre Tsybakov, Elisabeth de Turckheim et Nicolas Vayatis d'avoir accepté de consacrer du temps à ces échanges. Leur implication ne vaut bien sûr pas validation et les auteurs sont responsables des analyses et de la rédaction du rapport.

Le rapport a aussi bénéficié des remarques et suggestions des membres du Conseil d'orientation scientifique de l'OST lors des réunions où des parties du rapport ont été présentées. L'équipe projet remercie les membres du COS pour leur soutien à ce travail et pour leurs conseils.

Haut conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur

Le Hcéres est l'autorité administrative indépendante chargée d'évaluer l'ensemble des structures de l'enseignement supérieur et de la recherche, ou de valider les procédures d'évaluations conduites par d'autres instances. Par ses analyses, ses évaluations et ses recommandations, il accompagne, conseille et soutient la démarche d'amélioration de la qualité de l'enseignement supérieur et de la recherche en France.

Le département OST produit des analyses et des indicateurs qui contribuent à la réflexion stratégique des acteurs de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, aux évaluations du Hcéres et à l'évaluation des politiques publiques.

