Soutenir les réflexions de France Universités sur l'état de la recherche biomédicale en France

Janvier 2023

Remerciements

Ce rapport présente les résultats de l'étude indépendante commandée par France Universités à SIRIS Academic, ayant pour but d'analyser l'état actuel de la recherche biomédicale en France au travers d'une analyse bibliométrique approfondie.

Nous tenons à remercier l'équipe de France Universités pour ses importantes contributions :

- Manuel Tunon de Lara
- Yvon Berland
- Christine Clerici
- Patrick Levy

Leur connaissance experte de l'écosystème français et du domaine médical a contribué à la juste contextualisation des preuves, autant que de l'analyse et des perspectives présentées dans ce rapport.

Ce rapport a été produit par SIRIS Academic, Janvier 2023

Sommaire

Contexte et objectifs de l'étude **Page 5**

Résumé analytique **Page 7**

Défis, solutions et définitions **Page 13**

L'identification exacte des affiliations institutionnelles

L'identification exacte des domaines de recherche

Définir la recherche biomédicale, la recherche translationnelle, la multidisciplinarité et l'interdisciplinarité

Partie 1. La recherche biomédicale française comparée à l'international **Page 20**

Considérations méthodologiques

Choix des pays de référence

Analyse des domaines de recherche biomédicale

Croissance, positionnement et impact scientifique

Les domaines d'intervention et de spécialisation de la recherche biomédicale

Multidisciplinarité et interdisciplinarité

Production en recherche fondamentale et translationnelle contre recherche clinique

Partie 2. Les principales parties prenantes institutionnelles de la recherche biomédicale française **Page 36**

Considérations méthodologiques

Attribution de la recherche

Affiliations contre réalité

Volume de recherches, internationalisation et leadership

Impact scientifique et visibilité

Thèmes de spécialisation des universités et des CHU

Méthodologie de l'analyse bibliométrique

Comment identifier le domaine biomédical

Le vocabulaire contrôlé de la recherche biomédicale

Le vocabulaire contrôlé de la recherche fondamentale et translationnelle et de la recherche appliquée

Analyse des thèmes biomédicaux

Sur la base des codes de classification des revues scientifiques de Scopus ASJC

Sur la base de la taxonomie MeSH

Principaux indicateurs bibliométriques utilisés dans cette étude

Contexte et objectifs de l'étude

L'état de la recherche biomédicale en France a été largement débattu au cours de la dernière décennie. Il a été examiné, ses difficultés ont été exposées et des recommandations de changement ont été formulées, plus récemment dans le contexte de la préparation de la Loi de Programmation pluriannuelle de la Recherche (LPR) en 2019[1].

Les lendemains de la pandémie de Covid-19 ont révélé d'autres faiblesses dans le système : les performances et l'organisation de la recherche biomédicale française ont ainsi fait l'objet d'un examen plus fouillé et les discussions ont été approfondies. En conséquence, un rapport en deux volumes[2] publié par l'Académie de Médecine et de Pharmacie en 2021 a condensé l'état du débat selon deux axes principaux :

1) le déclin de la recherche biomédicale française en volume et en visibilité a conduit à un affaissement de sa position dans le monde ;

> *« **Notre pays est devenu une puissance moyenne dans le domaine de la recherche scientifique et de l'innovation en passant en 15 ans de 4,5% des publications mondiales à 3%**, reculant de la 6ème à la 9ème place, encadré par l'Italie et le Canada dont on peut remarquer que le pourcentage par rapport au PIB des crédits publics de R&D, est très inférieur au nôtre. **La recherche médicale a reculé dans les mêmes proportions**, bien qu'il y ait une grande disparité suivant les disciplines. »*

2) ce déclin est principalement imputable à :

i) la part proportionnellement plus **faible du financement de la recherche biomédicale** en France par rapport à d'autres domaines et par rapport à ses pairs internationaux, ainsi que ses méthodes obsolètes et rigides (par exemple, le financement alloué par le SIGAPS) ;

> *« **Ce budget en Biologie-Santé n'a cessé de décroître en euros constants, avec une diminution estimée à 25% entre 2008 et 2020**. Le ratio actualisé de 17,2% est loin de celui des 25% habituellement avancés, pourtant déjà faibles comparativement aux pays voisins. »*

ii) **l'état de fragmentation des parties prenantes** en charge du financement, de la réalisation et des politiques publiques en recherche biomédicale, et l'inefficacité de l'organisation et de l'exécution de la recherche qui en découle ;

ENCART 3

*« **L'origine de cette dégradation continue de la recherche en biologie-santé dans notre pays a été analysée et découle en grande partie d'un émiettement et d'une superposition des structures publiques** qui ne font que s'accroitre depuis plus d'une vingtaine d'années, chaque nouvelle maladie conduisant à créer en réaction une agence ou structure autonome spécialisée (INCa, ANRS, bientôt peut-être sur les coronavirus) accroissant à chaque fois les incohérences et gaspillages du dispositif. »*

---

1 C. Boitard, B. Clément, P. Debré, L. Degos, D. Houssin, P. Netter, au nom d'un groupe de travail, « *Rapport 1905. Contribution au projet d'une loi de programmation pluriannuelle de la recherche* », Bull. Acad. Natl. Med. 2019, 203, 394.

2 A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter, au nom d'un groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, Rapport 2106. *Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie I, le financement* ; A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter, au nom d'un groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, Rapport 2107. *Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie II, l'organisation*.

iii) Enfin, la recherche biomédicale nécessitant un dialogue entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, le **manque d'intégration des universités au sein des hôpitaux universitaires (CHU)** au niveau de la gouvernance et de la recherche est l'une des raisons de ce déclin.

« La faiblesse de coordination locale entre les différents partenaires est un frein à la recherche en biologie-santé. ***Une raison en est l'absence d'intégration à la gouvernance hospitalière des volets universitaire et de recherche*** *qui ont fait l'originalité des CHU à leur création. »*

Cette fragmentation et cette multitude de structures et de financements, ainsi que le décalage entre les universités et les CHU[3], sont perçus comme ayant un impact négatif important sur la capacité à faire de la recherche translationnelle et à s'engager dans la recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire. Ceci affecte tant les soins prodigués aux patients que l'innovation thérapeutique. Cependant, **bien que cette perception soit fortement partagée par les experts du secteur, les preuves manquent pour la justifier.** Ceci résulte des difficultés à aborder de manière quantitative et robuste les questions liées à l'interdisciplinarité et des contributions distinctes des parties prenantes.

À la lumière de cette réalité, France Universités a commandé une étude indépendante visant à nourrir le débat sur la base d'une analyse bibliométrique des publications, en y apportant des arguments et des preuves. L'étude, menée au cours de l'année 2022, a permis d'éclairer deux principaux aspects :

1. L'état des lieux de la production, l'impact scientifique, la spécialisation thématique et l'interdisciplinarité de la recherche biomédicale française en comparaison internationale ont été affinés, grâce à des analyses bibliométriques inédites (Partie 1).

2. Le poids respectif des principales parties prenantes institutionnelles dans l'écosystème français, avec une focalisation particulière sur les Universités et les CHU (Partie 2), a été mieux compris.

Ce rapport est destiné à alimenter les discussions en cours, au niveau national, entre tous les acteurs concernés, sur l'état actuel de la recherche biomédicale en France et les actions réalisables à mettre en œuvre. Cette analyse propose une réflexion sur le rôle et la contribution espérée des universités et des CHU ainsi que, plus largement, sur l'établissement d'une stratégie nationale de recherche biomédicale. Enfin, ce rapport évalue la validité de certaines hypothèses et perceptions, et fournit des informations avec des données probantes sur des obstacles potentiels.

[3] La loi Debré de 1958 a rattaché les hôpitaux aux universités de leur région, par l'intermédiaire des facultés de médecine, créant les Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) : les hôpitaux universitaires chargés de l'enseignement, de la recherche et des soins aux patients.

Résumé analytique

La performance globale et le positionnement de la France en matière de recherche biomédicale ont été discutés et analysés à de multiples reprises, et plus récemment par Terra Nova et Alain Fischer[4], dont les conclusions sont en accord avec les rapports précédents. Cette étude vise à affiner et à compléter cette discussion, en fournissant des données et des analyses précises pour valider ou renseigner les postulats-clés et les hypothèses. La présente section donne un aperçu des principales conclusions et identifie les points de discussion qui en résultent.

La proportion, comme la croissance, de la recherche biomédicale en France sont inférieures à celles d'autres pays comparables. Dans la mesure où la France ne donne pas la priorité à la recherche biomédicale en augmentant les investissements aux niveaux des pays concurrents, il est crucial de repenser la politique française en matière de recherche biomédicale en alignant efficacement ses décisions et priorités sur celles prises, au niveau européen, par les autres pays de l'UE-27.

- En comparaison du Royaume-Uni, des Pays-Bas, de la Suède, de l'Allemagne, de l'Italie, de l'Espagne et du Canada, **le volume de la production de recherche biomédicale en France est globalement médiocre**. Le taux de croissance de sa production est le plus faible entre 2010 et 2020 : seule la France montre un taux de croissance inférieur à la moyenne de l'UE-27+RU. Elle détient également la production globale par habitant la plus faible.

- Bien que la croissance de la production globale ne soit pas l'unique mesure de la solidité de la recherche, **cela suggère toutefois que la recherche biomédicale en France a plafonné en dessous de son potentiel**.

- **La plupart des pays européens, y compris la France, dans la majorité des références analysées au cours de la dernière décennie, n'ont pas augmenté leur contribution à la recherche biomédicale mondiale**. Celle-ci est restée largement stable. L'émergence et l'expansion de très gros contributeurs, dans ce domaine et dans bien d'autres, tels que la Chine, l'Inde et le Brésil, contribuent probablement à cet état de fait. Pourtant, **la part de la France dans les publications mondiales est inférieure à celle de pays comme l'Allemagne et le Royaume-Uni, non seulement en matière de recherche biomédicale, mais aussi dans d'autres types de recherche**.

- **Par rapport à d'autres pays, la recherche en France est proportionnellement plus focalisée sur les sciences physiques**, avec une moindre attention aux sciences de la vie et de la santé, et un très faible intérêt pour les sciences sociales. Ce constat est lié à des choix de politique scientifique à long terme et à des investissements dans d'autres domaines, en particulier dans les sciences physiques et les mathématiques.

La spécialisation thématique de la recherche étant inévitablement un jeu à somme nulle (la France est moins spécialisée dans la recherche biomédicale que le Royaume-Uni, et le Royaume-Uni est moins spécialisé en physique que la France), il reste à **questionner la**

[4] La recherche médicale en France, bilan et propositions | Terra Nova.

viabilité stratégique de ce choix à long terme et ses conséquences pour le pays. Il est probablement judicieux de considérer l'Europe dans son ensemble, et d'explorer les domaines de spécialisation complémentaires intra-européens.

La recherche en France est concentrée dans les domaines classiques plutôt que dans les domaines de pointe. En conséquence, la recherche biomédicale française risque de prendre du retard par rapport aux pays concurrents, en particulier dans les domaines émergents bénéficiant d'une forte contribution des sciences sociales, comme la santé publique, et des sciences appliquées, comme la bio-ingénierie. En outre, l'impact scientifique de la recherche française semble plus variable qu'ailleurs.

Pour déceler efficacement un avantage concurrentiel au niveau européen ou mondial, l'exploration des thèmes et des domaines de spécialisation et de pluridisciplinarité dans le portefeuille de compétences de la France[5] est précieux. Il permet de repérer les domaines dans lesquels cet avantage pourrait contribuer et bénéficier d'un impact important. Ainsi :

● **Il semble que l'un des principaux problèmes de la recherche biomédicale en France provienne de sa spécialisation dans des domaines classiques plutôt que dans les domaines de pointe ou émergents**. Ceci est particulièrement prégnant dans le domaine des sciences physiques, mais surtout dans les sciences sociales, les sciences de la vie et de la santé, pour lesquelles les nouveaux outils de diagnostic et les traitements, tels que les vaccins, nécessitent des approches plus avancées et innovantes. LSEP

● **La recherche biomédicale en France se consacre à des domaines traditionnels** tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies infectieuses, les neurosciences, l'immunologie, la chirurgie et la génétique, **suivant en cela un schéma majoritairement partagé par les pays référencés, comparés ici**. LSEP

● Compte tenu du succès des centres spécialisés et/ou de recherche intensive (par exemple, l'Institut Gustave Roussy, l'Institut Curie ou l'Institut Pasteur), **la France est la plus spécialisée, par rapport aux pays référencés, dans les domaines du cancer, des maladies infectieuses et de l'immunologie** ; elle prouve son important engagement et son éminente spécialisation dans les domaines de l'hématologie et de la virologie. LSEP

● En revanche, **la France n'est manifestement pas spécialisée dans d'autres domaines, tels que ceux de la santé publique et ses politiques publiques, la psychiatrie et la santé mentale**. Ces domaines ont suscité une attention accrue ces dernières années : des pays comme le Royaume-Uni et les Pays-Bas (et l'Espagne, pour la santé publique et ses politiques publiques) y ont plus largement contribué. LSEP

● La recherche biomédicale française présente un **degré de multidisciplinarité[6] similaire à celui des pays référencés**. LSEP

● **Dans l'ensemble, le niveau d'interdisciplinarité[7] est similaire entre la France et**

[5] Le fort degré d'implication est le volume élevé de recherche sur un ou plusieurs sujets, tandis qu'une spécialisation indique la recherche pour laquelle le pays produit davantage par rapport à d'autres comparateurs (base de référence définie).

[6] Recherche avec contribution de sujets dans les domaines des sciences de la vie et de la santé.

[7] Recherche avec contribution de sujets hors des domaines des sciences de la vie et de la santé.

les pays référencés, bien qu'avec des schémas différents. Les contributions de la France à la recherche biomédicale sont principalement issues des sciences physiques, et, contrairement aux Pays-Bas ou au Royaume-Uni, **la recherche interdisciplinaire avec les sciences sociales est faible**.

● Singulièrement, très probablement en raison de son excellence en sciences physiques, la recherche biomédicale interdisciplinaire en France est plus spécialisée en sciences de l'environnement et en physique, que dans les domaines biomédicaux appliqués tels l'ingénierie biomédicale, la bio-ingénierie ou les biomatériaux.

● Selon certaines parties-prenantes, les faiblesses du système, telles que le manque de financement et de structures d'évaluation spécifiques à la recherche translationnelle, ont un impact négatif sur la capacité à effectuer ce type de recherche. L'analyse montre pourtant que **la part de la recherche fondamentale et translationnelle en France est similaire à celle d'autres pays (Espagne et Allemagne)**, et que ses performances (mesurées par son dynamisme à publier dans les revues Nature Index) sont **du même ordre que celles de pays tels que les Pays-Bas, et à peine inférieures à celles du Royaume-Uni**[8].

● **En dépit de sa production plus faible, la recherche biomédicale française bénéficie d'un impact scientifique similaire à celui de pays comme l'Espagne et le Royaume-Uni**, avec un pourcentage similaire de publications dans des revues de premier plan ([toutes autour de 50 %[9]], Top 1-10 % des revues Scimago[10]).

● **Toutefois, la France détient également un nombre proportionnellement plus élevé de publications dans des revues de niveau inférieur** (30-100% Scimago journals), par rapport aux pays de référence.

La complexité organisationnelle du système de recherche biomédicale français semble avoir un impact négatif sur la capacité à piloter la politique de recherche et à répondre aux grandes priorités nationales. Ceci paraît partiellement lié à la difficulté d'aligner les priorités de recherche des CHU sur celles des universités, ainsi qu'à un problème plus large relatif à l'identité initiale de l'affiliation du personnel académique commun aux CHU et aux universités, et enfin à l'impact scientifique dont bénéficie la recherche en CHU.

La diversité des pratiques et des types de recherche développés dans les universités et les CHU ainsi que dans les différents sites de recherche pourraient être à la source de cette division dans l'impact de la recherche[11]. Plusieurs facteurs peuvent concourir à créer ce phénomène : les différentes pratiques communément observées dans la recherche fondamentale par rapport à la recherche clinique, et, spécifiquement dans cette dernière, des facteurs tels que le type de recherche clinique en cours (par exemple les études de cas cliniques), ou la priorité accordée par les institutions à l'excellence de la recherche. La proportion plus élevée de publications dans les niveaux inférieurs pourrait être le signe d'une focalisation faible et/ou inégale sur le caractère

8 Il convient cependant de noter que : 1) cette conclusion est basée sur une analyse de l'ensemble du pays et ne donne pas une granularité plus élevée et que 2) pour des raisons méthodologiques, cette analyse n'évalue pas *spécifiquement et uniquement* la production et la performance de la recherche translationnelle.

9 À titre de référence, les Pays-Bas se distinguent comme le pays le plus compétitif parmi les pays de référencés, avec 55,7 % de leurs publications dans ses revues Scimago les plus performantes (110 %).

10 L'indicateur SJR2 (https://www.scimagojr.com/files/SJR2.pdf) est une nouvelle amélioration des outils de mesure du prestige scientifique des revues.

11 Mesuré par la capacité à publier dans des revues de premier plan (revues Scimago). Il convient de noter qu'il ne s'agit que d'une mesure de l'impact (qui ne donne pas une image complète de l'impact de la recherche) et qu'elle dépend en particulier de la visibilité et de la reconnaissance mondiales de la recherche. Elle a été choisie dans cette analyse car elle permet une comparaison solide et précise au niveau international.

d’excellence de la recherche.

La recherche biomédicale, qui résulte de la recherche clinique combinée dans le temps à la recherche fondamentale, nécessite une coordination et des échanges entre toutes les institutions/groupes qui effectuent ces types de recherche, dans un mouvement ordinairement complexe. En France, elle s'appuie sur un triptyque d'acteurs : Universités - CHU - Organismes de recherche (comme l'Inserm).

Les parties-prenantes avancent intuitivement que la contre-performance de la France est largement due à sa complexité organisationnelle, qui dilue les efforts et diminue l'efficacité. Elles partagent l’opinion que le modèle des CHU, autrefois très performant, a besoin d'être revu pour permettre une recherche de meilleure qualité, à savoir la recherche clinique translationnelle.

En analysant les institutions à l'origine des publications de la recherche biomédicale française, et plus particulièrement la relation entre les universités et les CHU, cette étude a tenté de déterminer si ces perceptions étaient étayées par des preuves :

● En distinguant les différents types d'institutions produisant les recherches à travers les affiliations indiquées par chaque dernier auteur sur une publication (groupe de recherche ou responsable de la recherche), **cette étude confirme le problème manifeste de « sentiment d'appartenance » aux universités, qui apparaît à travers les pratiques d'affiliation des auteurs du CHU.**

● Presque tous les auteurs mentionnant une affiliation au CHU devraient également indiquer une affiliation à l'université, la plupart d'entre eux y étant employés. C'est loin d'être le cas : nous avons constaté qu'un pourcentage considérable de toutes les publications des derniers auteurs du CHU omettaient leur affiliation universitaire. Pour donner une image plus juste de la réalité, nous avons « reconstruit » et réintégré les affiliations des établissements d'enseignement supérieur (EES) pour y inclure tant les CHU que la recherche menée exclusivement dans les universités (ci-après nommées Universités), et la recherche menée dans les CHU (ci-après nommées CHU), que la relation avec l'Université soit explicite ou non. Celles-ci sont les catégories prédominantes dans nos analyses.

● **Les établissements d'enseignement supérieur (et les CHU associés) contribuent à plus de 60 % dans l'ensemble de la recherche biomédicale en France** (33 % et 29 %, respectivement dans les Universités et les CHU).

● **La contribution de la plupart des institutions par type de recherche est conforme aux attentes**. Ainsi, le CNRS publie nettement plus en recherche fondamentale et translationnelle ; les CHU et les Hôpitaux en santé publique en épidémiologie et recherche clinique et les groupes universitaires sans affiliation à un CHU publient davantage en recherche fondamentale et translationnelle. Les centres de lutte contre le cancer consacrent la majeure partie (environ 2⁄3) de leur recherche à la santé publique, à l'épidémiologie et à la recherche clinique.

● En matière de citations, la recherche clinique présente généralement un clivage entre les études très citées (par exemple, de grandes études cliniques collaboratives sur des maladies majeures) et des recherches très peu mentionnées (par exemple, des études de cas cliniques ou des études régionales de santé publique). La recherche fondamentale et translationnelle a, elle, tendance à présenter un type d'études plus uniforme. Ce schéma se reflète dans les mesures de citations que nous observons pour la recherche fondamentale et clinique dans les Universités et les CHU.

● **L'impact scientifique des publications CHU, plus particulièrement en recherche fondamentale et translationnelle, laisse à désirer**. Leurs mesures de citation sont inférieures à celles des Universités et de l'Inserm dans les deux types de recherche, suggérant que les CHU ne se concentrent pas sur l'excellence de la recherche translationnelle, même si l'on prend en compte le faible intérêt suscité par ce type de recherche.

● **Les publications des CHU sont toutefois plus nombreuses dans le Top 1-10% que celles des Universités, dans la recherche sur les grands groupes de maladies** et ce malgré un impact scientifique globalement plus faible dans la recherche fondamentale et clinique.

● Les CHU et l'Inserm affichent la plus forte proportion de publications dans le Top 2-10% Scimago dans les domaines des maladies cardiovasculaires et des infections ; les publications de l'Inserm ont l'impact scientifique le plus élevé dans les domaines des tumeurs et des maladies du système nerveux.

● Dans les domaines où la recherche est davantage investie (domaines plus importants en volume de publications), **la quasi-totalité de la recherche en biologie est publiée par l'Université ; les CHU présentent la quasi-totalité de la recherche en sciences de la santé**. Il existe toutefois une exception intéressante : la santé publique est en réalité une spécialisation de l'Université.

● Dans les domaines où la recherche est davantage investie, **les Universités sont plus enclines à l'interdisciplinarité**.

● **Les Universités, l'Inserm et les CHU s'investissent de manière similaire dans les principaux domaines de recherche de haute production et de spécialisation** : tumeurs, infections, maladies infectieuses, cardiovasculaires, hématologiques et lymphatiques. Comme anticipé, les CHU possèdent un volume de recherche par groupe de maladies proportionnellement plus élevé. Étonnamment, bien que produisant davantage en recherche fondamentale et translationnelle, les groupes universitaires présentent un pourcentage raisonnable de recherche dédiées aux maladies ; et manifestement dans les recherches sur la base moléculaire ou les modèles de maladie.

● **La spécialisation nationale dans les maladies infectieuses et le cancer est répartie dans tous les types d'institutions (CHU, Universités, Inserm et autres)**, ayant toutes une contribution convenable dans les publications dans le Top 1-10%.

● **Les CHU et les hôpitaux affichent la part la plus faible de publications avec des partenaires internationaux** (environ 45%, alors que tous les autres acteurs affichent une part de 50%).

● **De tous les types d'institutions analysés, les CHU, ainsi que les établissements d'enseignement supérieur, affichent la part la plus élevée de publications dirigées en tant que premier ou dernier auteur**. Une capacité accrue à diriger, bénéfique en soi, est souvent la contrepartie d'un travail collaboratif réduit, ce qui peut diminuer la visibilité internationale, la reconnaissance par les pairs et l'excellence de la recherche[12].

● L'Inserm, le CNRS et les IHU démontrent une répartition assez équilibrée du *leadership* et de l'internationalisation, illustrant ainsi leur aptitude à collaborer à l'échelle internationale sans

[12] Il convient de noter que les CHU, tout comme les Universités, contribuent énormément à la recherche. Il peut donc y avoir des pratiques très différentes au sein de chacune des « institutions ».

pour autant perdre leur capacité à diriger.

● Les schémas d'internationalisation et de *leadership* ne changent pas substantiellement, lorsque l'on considère uniquement la recherche fondamentale et translationnelle ou la santé publique, l'épidémiologie et la recherche clinique.

Cette étude a testé une hypothèse principale et soulevé une question capitale supplémentaire (qui peut être subdivisée en deux questions plus spécifiques) :

1) Y a-t-il un déclin de la recherche biomédicale en France ?

2) Où se situe la production de la recherche et quel est le poids des différentes parties-prenantes ?

3) Le modèle actuel des CHU permet-il une recherche de qualité, à savoir la recherche clinique translationnelle ?

Trois grandes conclusions peuvent être déduites :

1. La recherche biomédicale n'est pas en déclin en soi (même si elle l'est par rapport aux autres pays analysés), mais sa croissance plafonne en dessous de son potentiel depuis la dernière décennie, contrairement à d'autres pays européens. Compte tenu de la concurrence intense des grands pays émergents, il s'agit là d'un sujet de préoccupation majeur. En outre, et au-delà de la spécialisation dans de grands domaines tels que le cancer et les maladies infectieuses, la France semble être spécialisée dans des domaines classiques plutôt que dans des domaines de pointe ou émergents.

Il est impératif de questionner les priorités de la recherche biomédicale au niveau national. La recherche biomédicale est-elle une priorité ? Si tel n'est pas le cas, quelles en seraient les conséquences pour le pays ?

2. Les Universités et les CHU produisent plus de 60% de la recherche en France. Cependant, leur structure de recherche sont distinctes : les Universités effectuent presque toutes les spécialisations en biologie et les CHU quasiment toutes les recherches en sciences de la santé, ne se recoupant que rarement. Les Universités sont également plus interdisciplinaires.

3. L'impact scientifique des publications des CHU est peu performant, avec un taux de citations faible comparé aux Universités et à l'Inserm, à la fois dans la recherche fondamentale et translationnelle, mais aussi, et c'est important, dans la santé publique, l'épidémiologie et la recherche clinique. Ceci peut certainement indiquer que les CHU produisent différents types d'études ayant des comportements de citation différents par rapport aux groupes Inserm/Université. Néanmoins, cela indique un impact plus faible et/ou un intérêt plus faible de la communauté mondiale. Cela suggère également que les CHU ne se concentreraient pas assez sur l'excellence de la recherche translationnelle.

Bien que l'impact de la recherche dans les CHU soit inférieur à ce qui est attendu ou souhaitable, d'autres études comparatives avec des institutions internationales ayant un modèle similaire à celui des CHU permettraient de mieux comprendre comment les CHU, et l'intégration avec les Universités auxquelles ils sont associés, tirent véritablement leur épingle du jeu.

Défis, solutions et définitions

Toute tentative de compréhension d'un écosystème national de recherche est inévitablement confrontée à des problèmes méthodologiques. Ce rapport s'appuie exclusivement sur des données bibliométriques, qui permettent théoriquement une comparaison impartiale et solide des résultats de la recherche d'un pays avec ceux d'autres pays. Cependant, une telle comparaison repose sur la capacité à résoudre deux difficultés principales : i) l'identification correcte des affiliations institutionnelles dans un pays donné ; ii) l'identification correcte des sujets et des champs disciplinaires.

Cette section examine ces principales difficultés et les solutions méthodologiques qui ont été utilisées pour cette étude. Elle clarifie également les définitions des concepts tels que la recherche translationnelle, la recherche biomédicale ou l'interdisciplinarité, qui peuvent être « flous » et dont les perceptions diffèrent.

L'identification correcte des affiliations institutionnelles

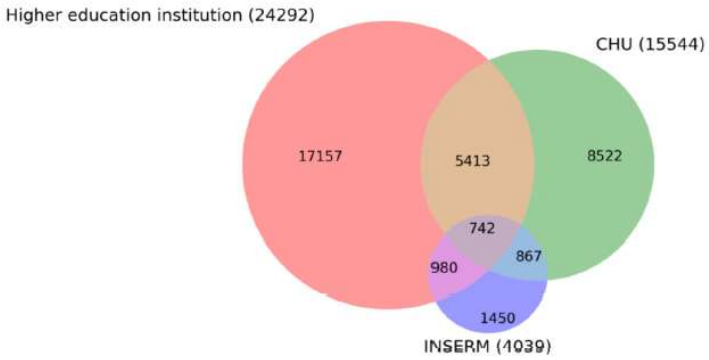
Il est essentiel d'identifier correctement l'affiliation des auteurs de recherche, dans toute étude bibliométrique visant à attribuer les travaux à des institutions spécifiques. Cependant, l'affiliation des chercheurs dans les publications est très souvent multiple et rédigée sous différents formats : la même institution peut apparaître sous différentes formes, car chaque affiliation est ajoutée manuellement par l'auteur. Cela conduit fréquemment à des distorsions importantes dans les résultats.

Scopus, contrairement à d'autres bases de données, vise spécifiquement à améliorer les informations sur les affiliations[13], et a donc été utilisé pour cette étude afin d'utiliser des données de qualité optimale, en combinaison avec la base de données PubMed.

Les affiliations françaises présentent un défi commun : (i) différentes institutions contribuent fréquemment à la recherche en prenant en charge les salaires et les coûts d'infrastructure ; (ii) les affiliations sont intégrées - l'exemple le plus typique étant celui des CHU, qui ont une forte identité institutionnelle mais qui, concernant la recherche, sont *de facto* totalement intégrés à l'université concernée.

En ce sens, les affiliations fournies par les chercheurs renseignent souvent davantage sur le « sentiment d'appartenance » du chercheur que sur son affiliation institutionnelle avérée. Cet état de fait est particulièrement marqué dans le cas des CHU : quasiment tous les auteurs affiliés à un CHU sont affiliés à une université, mais une part importante de ces auteurs ne le mentionnent pas (cf. le diagramme de Venn ci-dessous, basé sur la façon dont les auteurs ont effectivement signé leurs publications ; les établissements d'enseignement supérieur correspondant aux Universités).

13 What is the Scopus Affiliation Identifier? (elsevier.com)



La question de la multi-affiliation dans l'écosystème biomédical français, entre les institutions majeures types. Diagramme Venn, n=nombre de publications 2019-2020.

L'un des principaux objectifs de cette étude est de **comprendre le poids des principales parties prenantes institutionnelles dans l'écosystème français**, alors que la difficulté majeure réside dans le fait que l'analyse bibliométrique doit s'appuyer sur l'affiliation fournie par l'auteur, lors de la signature d'une publication. Cependant, dans le système français complexe et multicouche, cette affiliation explicite pourrait être plus révélatrice du « sentiment d'appartenance » des auteurs que de la contribution institutionnelle réelle.

Ainsi, afin d'obtenir une image plus scrupuleuse de la recherche produite, seules les publications avec le dernier auteur ont été prises en compte. Dans le cas des Universités et des CHU associés, certaines « reconstitutions » ont été jugées nécessaires. L'explication et les détails des raisons et des choix opérés sont présentés dans « Partie 2 » (voir Considérations méthodologiques B).

L'identification exacte des domaines de recherche d'intérêt

Les fournisseurs de bases de données proposent généralement une catégorisation des publications par disciplines s'appliquant prioritairement aux revues (plutôt qu'à celui des publications individuelles) et reposant sur une taxonomie préétablie plutôt rigide. En outre, basées sur les disciplines, elles sont généralement inadaptées à la recherche multidisciplinaire moderne et au caractère concurrentiel de la recherche. Bien que fonctionnelle, cette approche ne tient cependant pas compte des détails de la publication et ne présente pas une juste vision des sujets de spécialisation.

Pour résoudre cette difficulté, la plupart des analyses fournies dans cette étude sont basées sur des approches sémantiques *ad hoc*, appliquées à la publication et adaptées au secteur de la recherche biomédicale. Ces approches ont utilisé les ressources de la base de données bibliométriques du NIH, PubMed (nih.gov) (voir Comment identifier le domaine biomédical).

La définition du champ de la recherche biomédicale a été formulée en collaboration avec France Universités et basée sur les technologies SIRIS et la base de données PubMed ; dans les cas où cela a été irréalisable, les domaines sélectionnés pour la recherche biomédicale par Scopus Health & Life Sciences ont été utilisés comme *proxy/ intermédiaire* (voir Comment identifier le domaine biomédical).

La taxonomie MeSH (Medical Subject Headings) du NIH-NLM et le système de classification ASJC d'Elsevier - Scopus ont également été exploités pour classer la recherche nationale dans différents sous-sujets de la biomédecine (voir Analyse des sujets biomédicaux).

Définition de la recherche biomédicale, de la recherche translationnelle, de la multidisciplinarité et de l'interdisciplinarité

Pour cette étude, il a fallu définir et identifier la recherche biomédicale au-delà des catégorisations existantes, plus restrictives, s'inscrivant concomitamment dans un contexte avec ses objectifs. **La recherche biomédicale englobe ainsi tout le spectre du domaine biomédical : de la recherche fondamentale**, sur les bases cellulaires de la santé et de la maladie par exemple, **à la recherche clinique la plus classique** telle que l'épidémiologie, en excluant certains aspects de la biologie, tels que l'écologie et les études sur l'évolution. Nous avons défini et utilisé ce périmètre, le plus proche du domaine de la « Biologie-Santé » ou « biomédicale » (contre « médicale ») en France.
Selon ce périmètre biomédical, les domaines des sciences de la santé et la plupart des sciences de la biologie font partie de la recherche biomédicale.

Définir la **recherche translationelle** en France a également été essentiel pour pouvoir répondre aux questions et aux perceptions concernant l'état de ce type de recherche. Le concept de recherche translationnelle est souvent débattu et ses frontières sont particulièrement floues. En dépit des zones d'ombre qui obscurcissent souvent la typologie de toute recherche, **nous avons privilégié une structure simple, avec deux groupes principaux dont les frontières sont moins discutables et qui peuvent, à ce stade, être plus précisément séparés**. Les publications ont ainsi été identifiées et séparées en deux ensembles : celles qui concernent la **santé publique, l'épidémiologie et la recherche clinique** et, par exclusion, celles qui concernent la **recherche fondamentale et translationnelle**. Les critères et des thèmes fondant cette distinction sont détaillés dans la section Méthodologie. Cette distinction permet également de comparer plus justement et précisément les mêmes « types » de recherche, puisqu'elles présentent des comportements de publication et des mesures de citation différents.

Enfin, la recherche biomédicale qui bénéficie de contributions de catégories extérieures aux sciences de la santé et de la biologie, particulièrement des sciences physiques et sociales, représente la **recherche interdisciplinaire**, tandis que la recherche portant sur diverses catégories des sciences de la santé et de la biologie représente la **multidisciplinarité**. Ces deux concepts incluent plus largement les « recherches pluridisciplinaires » citées dans des rapports récents[14].

[14] A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter, au nom d'un groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, Rapport 21-07. *Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie II, l'organisation.*

Partie 1. La recherche biomédicale française sur la scène internationale

De nombreuses parties prenantes partagent aujourd'hui le sentiment que la recherche biomédicale française n'est pas assez performante et que le pays perd de sa compétitivité internationale et de sa capacité d'innovation (constat nourri, entre autres, par une capacité réduite à s'engager dans la recherche interdisciplinaire et translationnelle).

Nous cherchons ici à savoir si ce sentiment est justifié lorsque l'on **compare la production de la recherche biomédicale française à celle d'un ensemble de pays de référence**.

Plus précisément, nous examinons :

- les mesures de volume
    - le volume absolu de publications biomédicales
    - le *ratio* de publications biomédicales par nombre d'habitants
    - la part de la recherche consacrée à la recherche biomédicale
    - la part des publications mondiales dans la recherche biomédicale
    - le *ratio* entre la recherche fondamentale et translationnelle contre la santé publique, l'épidémiologie contre la recherche clinique.
- les mesures de l'impact scientifique
- la spécialisation dans les sujets pertinents au sein de la recherche biomédicale ;
- le niveau d'interdisciplinarité et de multidisciplinarité.

Considérations méthodologiques

Choix des pays référencés

Toute étude comparative se doit d'aligner le choix des pays de référence sur l'objectif principal de ladite comparaison en amont, et donc de le discuter avant d'engager l'analyse.

Pour mieux comprendre, d'une part, dans quelle mesure un système est plus ou moins performant, il est impératif de comparer ses performances à des systèmes se développant dans des conditions externes (économiques, sociales et juridiques) similaires. D'autre part, la comparaison de systèmes radicalement différents permet aussi de comprendre les conditions spécifiques qui leur permettent d'exceller (ou, au contraire, d'être à la traîne).

En raison de leur pertinence et de leurs divers positionnements dans la recherche biomédicale européenne, l'**Allemagne, les Pays-Bas, la Suède, le Royaume-Uni, l'Italie et l'Espagne** ont été choisis comme pays de référence pour comparer les mesures du volume de production et de croissance. Pour permettre la comparaison avec d'autres pays de référence non européens utilisés dans des rapports antérieurs pertinents[15], et en raison de son importance dans la recherche médicale, le **Canada** a également été ajouté à la plupart des analyses. Les pays de référence courants, tels que les États-Unis et la Chine, ont été exclus en raison de leur taille énorme.

15 *Le rôle des CHU dans l'enseignement supérieur et la recherche médicale* Décembre 2017, Cour des comptes.

En outre :
○ En raison de leur taille et de leur importante contribution, la Chine, les États-Unis et l'UE27+RU ont été utilisés comme points de référence pour mesurer la part des publications mondiales.
○ Pour certaines analyses approfondies, seuls l'Allemagne, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et l'Espagne ont été utilisés comme points de référence en raison de leur taille similaire (Royaume-Uni, Allemagne), de leur statut moteur dans la recherche biomédicale (Royaume-Uni, Pays-Bas) ou parce qu'ils bénéficient d'un soutien gouvernemental moins important (Espagne).

Analyse des domaines de recherche biomédicale

Le **degré d'implication** fait référence à la part de la recherche (ici, les travaux publiés) qui se rapporte à une catégorie spécifique. La **spécialisation** induit une comparaison avec une base de référence (d'un ensemble de pays, par exemple l'UE27) ; une entité peut avoir une « forte » spécialisation dans un domaine de recherche, sans pour autant être hautement spécialisée, si sa spécialisation n'est pas supérieure à la moyenne mise en contexte.

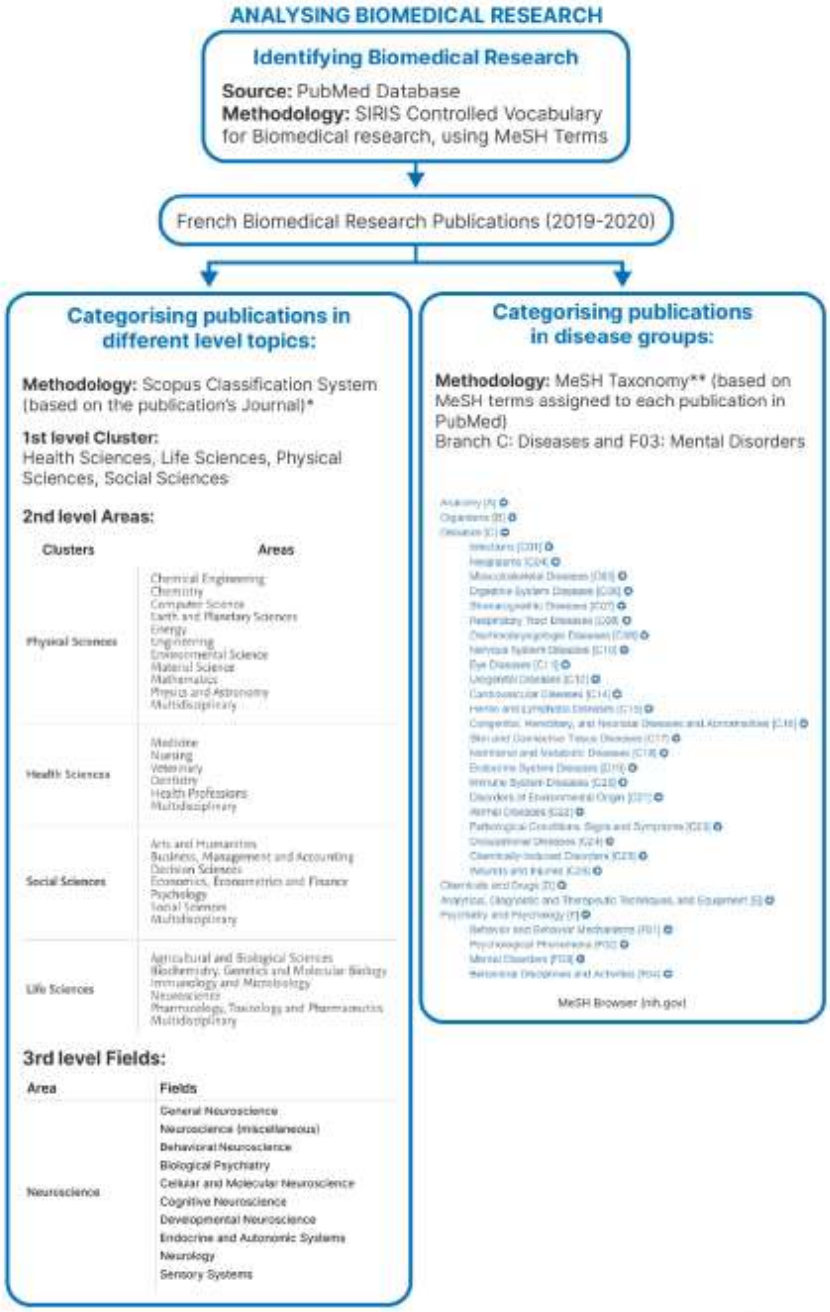
Ce rapport utilise différents niveaux hiérarchiques de la classification Scopus afin de comprendre le degré d'implication dans la recherche - et la spécialisation - de l'écosystème français (voir la visualisation ci-dessous) :

● Scopus a classé toutes les publications de la France et d'un ensemble spécifique de références européennes pertinentes (Allemagne, Royaume-Uni, Pays-Bas, Espagne) par domaines principaux : sciences de la santé, de la biologie, sciences physiques et sociales. Puisque Scopus distingue les revues plus « médicales » de celles qui relèvent davantage du domaine de la biologie (même si elles sont biomédicales), nous avons analysé les deux domaines des sciences de la santé et de la biologie (voir Définition de la recherche biomédicale, de la multidisciplinarité et de l'interdisciplinarité).

● Nous avons utilisé le vocabulaire SIRIS Biomedical Research pour identifier l'ensemble des publications de recherche biomédicale, nous permettant ainsi d'exclure les sciences vétérinaires/dentaires/de l'évolution et agricoles, et d'aligner le périmètre de la recherche biomédicale sur la question de notre étude (voir Comment identifier le domaine biomédical) avant d'entamer l'analyse en profondeur. Les publications ont été classées en fonction de la manière dont Scopus classe les revues dans lesquelles elles sont publiées, à deux niveaux supplémentaires (*domaines* et *champs* - voir l'infographie à la page suivante) ; enfin, il est impératif de se souvenir qu'une revue peut appartenir à plus d'une catégorie Scopus (voir les exemples ci-dessous).

journal	Cluster(s)	Areas(s)	Fields(s)
Nature Microbiology	Life Sciences Health Sciences	Immunology and Microbiology Biochemistry, Genetics and Molecular Biology Medicine	Cell Biology Genetics Applied Microbiology and Biotechnology Immunology Microbiology Microbiology (medical)
Mutagenesis	Life Sciences Health Sciences Physical Sciences	Biochemistry Genetics and Molecular Biology Medicine Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics Environmental Science	Genetics Health, Toxicology and Mutagenesis Genetics(clinical) Toxicology
Nanomedicine	Health Sciences Physical Sciences	Chemical Engineering Engineering Materials Science Medicine	Bioengineering Biomedical Engineering General Materials Science Medicine (miscellaneous)

Examples of journals that cross categories in the Scopus Science Journal Classification system (ASJC)



** each journal can be classified in more than one category (regardless of the level); Example of 3rd Level: Neurosciences*
*** each publication can relate to more than one Disease Group, resulting in the fact that each publication can be assigned to multiple topics and disease groups. e.g. a Publication in Asthma is both in Immune Disease and Respiratory Disease category; and can also be in a Scopus area of Medicine or Immunology & Microbiology.*

**chaque revue peut être classée dans plus d'une catégorie (quel que soit le niveau) ; exemple de 3eme niveau : Neurosciences. ** chaque publication peut se rapporter à plus d'un groupe de maladies, ce qui signifie que chaque publication peut être affectée à plusieurs sujets et groupes de maladies. Par exemple, une publication sur l'asthme se trouve à la fois dans la catégorie des maladies immunitaires et dans celle des maladies respiratoires ; elle peut également se trouver dans le domaine Scopus Médecine ou Immunologie & Microbiologie.*

1.1. Croissance, positionnement et impact scientifique

En dépit de la baisse du financement de la recherche biomédicale en France, soulignée dans de récents rapports[16], le volume de production de recherche a augmenté ces dernières années en France (*Fig. 1*).

Pourtant, la France croît à un rythme nettement inférieur à la moyenne mondiale (ligne rose pointillée, *Fig. 1B*). Même si les grands écosystèmes de recherche consolidés croissent logiquement plus lentement[17], cette lenteur subsiste lorsque l'on compare la France à des systèmes de recherche de taille similaire comme l'Italie ou le Canada (*Fig. 1A*), et même à des systèmes de recherche consolidés plus importants, comme le Royaume-Uni ou l'Allemagne. La France est le pays dont le taux de croissance en volume de production de recherche est le plus modeste entre 2010 et 2020 et le seul à se situer en dessous de la moyenne de l'UE27+RU (ligne noire pointillée, *Fig. 1B*) depuis plusieurs années[18].

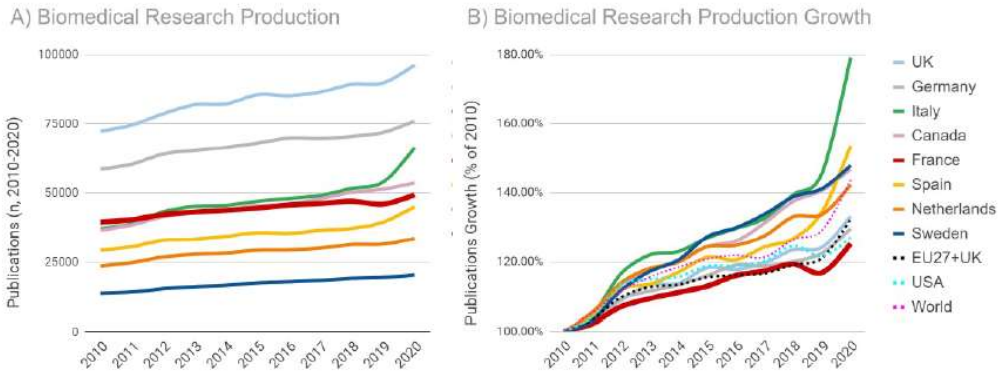


Fig. 1 ***Croissance de la recherche biomédicale*** *: A) nombre de publications en recherche biomédicale dans les domaines des sciences de la vie et de la santé Scopus, annuel, par pays, 2010-2020 ; B) pourcentage de croissance du nombre de publications biomédicales pour chaque pays et dans le monde, par rapport à 2010-2020. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant les domaines biomédicaux de Scopus en sciences de la santé (médecine, soins infirmiers, dentisterie, professions de santé) et en sciences de la vie (biochimie, génétique et biologie moléculaire, immunologie et microbiologie, neurosciences et pharmacologie, toxicologie et pharmacie).*

---

16 A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter - groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, *Rapport 21-06. Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie I, le financement* ; A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter, au nom d'un groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, *Rapport 21-07. Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie II, l'organisation*.

17 Taille de l'écosystème de recherche, mesurée par le nombre de publications au cours de la même période.

18 Le « taux de croissance », représenté ici comme le pourcentage de croissance du nombre de publications par rapport à 2010, doit être considéré avec précaution. Dans ce cas, la taille réelle de l'écosystème de recherche (en nombre de publications) a un effet direct sur la capacité d'un pays donné à doubler sa production. Par exemple, en raison de leur taille, les États-Unis - dans les mêmes circonstances - ne seront pas en mesure de doubler leur nombre de publications annuel aussi rapidement qu'un système plus petit comme la Suède. Par conséquent, la comparaison la plus précise doit s'opérer entre les pays dont la production de recherche est de taille approximative, comme la France, le Canada et l'Italie, ou l'Espagne et les Pays-Bas.

Ainsi, en dépit d'une augmentation *de facto* du nombre de publications (*Fig. 1A*), la France reste constamment en deçà des autres pays analysés en matière de degré d'implication dans le domaine biomédical (*Fig. 2A*), aux côtés de l'Allemagne et de l'Espagne, 10 % en deçà des Pays-Bas et environ 5 % en deçà de la Suède et du Canada (le cas italien est intéressant et vraisemblablement lié à une réponse spécifique à la pandémie de Covid-19). En outre, la production de recherche biomédicale par habitant en France est la plus faible de toutes les références analysées.

(*Fig. 2B*).

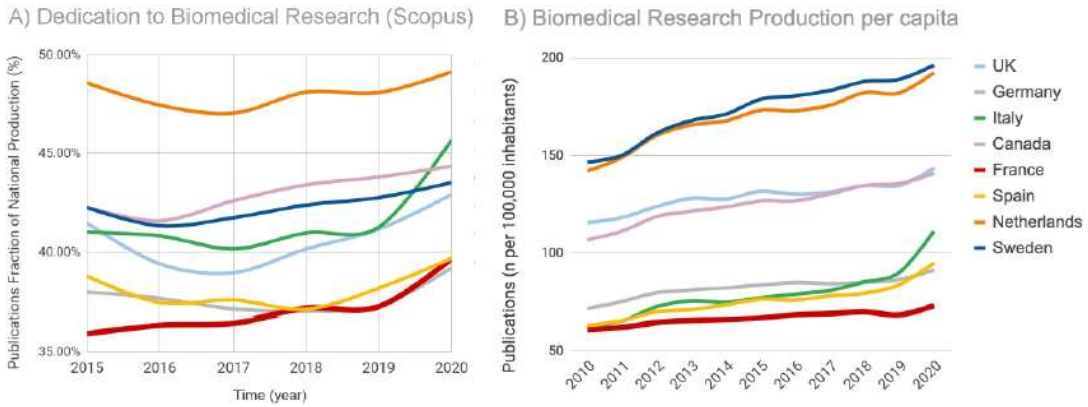


Fig. 2 ***Degré d'implication dans la recherche biomédicale et production, par habitant*** *: A) Pourcentage de la recherche biomédicale 2015-2020 ; B) nombre de publications de recherche biomédicale pour 100 000 habitants (source Eurostat) dans les domaines spécifiques de la santé et des sciences de la vie Scopus, annuel et par pays 2010-2020. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant les domaines biomédicaux de Scopus en sciences de la santé (médecine, soins infirmiers, dentisterie, professions de santé) et en sciences de la vie (biochimie, génétique et biologie moléculaire, immunologie et microbiologie, neurosciences et pharmacologie, toxicologie et pharmacie).*

Tous les pays référencés, y compris la France, affichent une augmentation du volume des publications de recherche biomédicale au cours de la dernière décennie (*Fig. 1A*), bien que leur part dans la recherche mondiale soit restée largement stable (*Fig. 3A*). Il s'agit probablement d'une conséquence de l'émergence d'autres contributeurs plus importants à la recherche biomédicale, tels que la Chine.

La part de la France dans les publications mondiales (tous domaines confondus) était de 3,9 % entre 2015 et 2020, inférieure à celle de pays comme l'Allemagne ou le Royaume-Uni (et légèrement inférieure à celle de l'Italie), sa part dans le domaine de la recherche biomédicale n'étant que légèrement supérieure, à 4 %, pour cette période (*Fig. 3B*).

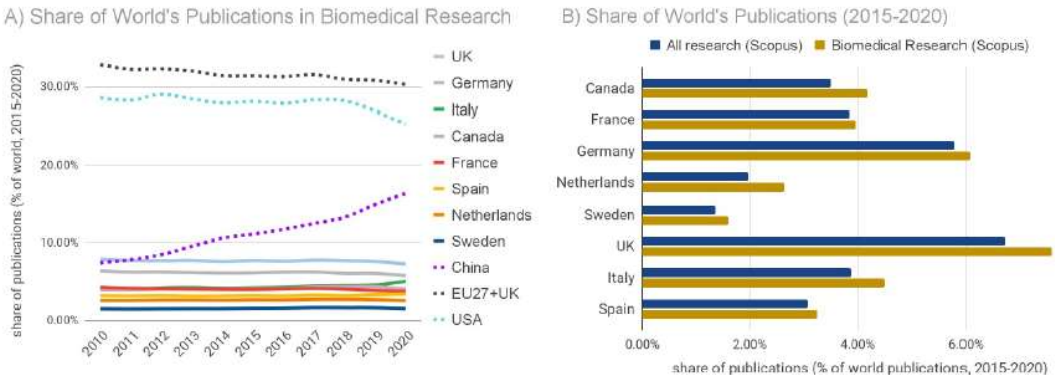


Fig. 3 Part de la recherche biomédicale dans la production mondiale 2015-2020 : *A) pourcentage des publications mondiales attribuées à chaque pays en recherche biomédicale (dans les domaines des sciences de la vie et de la santé Scopus) annuel, 2015-2020 ; B) pourcentage des publications mondiales attribuées à chaque pays soit au total (tous les domaines de recherche) soit en recherche biomédicale (dans les domaines des sciences de la vie et de la santé Scopus). Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant les domaines biomédicaux de Scopus en sciences de la santé (médecine, soins infirmiers, dentisterie, professions de santé) et en sciences de la vie (biochimie, génétique et biologie moléculaire, immunologie et microbiologie, neurosciences et pharmacologie, toxicologie et pharmacie).*

En dépit de sa faiblesse en volume (*Fig. 2B*), la recherche biomédicale française bénéficie d'un impact scientifique globalement similaire à celui de l'Espagne et du Royaume-Uni, avec un pourcentage similaire de ses publications dans les revues Top 110% Scimago (toutes autour de 50% *Fig. 4*).

Cependant, la France affiche également une proportion plus élevée de publications dans les plus bas niveaux (30-100%), avec 17,4% dans 30-100% Scimago, contre 13,6% pour l'Espagne et 15,4% pour le Royaume-Uni (Fig. 4) ; tandis que les Pays-Bas se distinguent comme le pays le plus compétitif parmi les pays référencés.

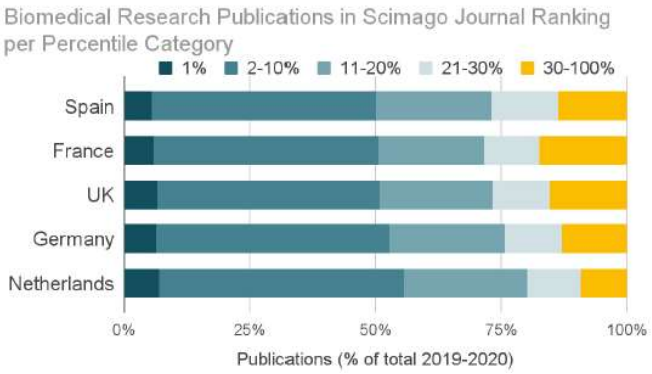


Fig. 4 Impact scientifique de la Recherche biomédicale 2019-2020 *: Les parts de points de références (% du total) des publications par catégorie centile de leurs revues, selon le Scimago Journals Ranking (SJR) 2019-2020*[19]*. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et le Scimago SJR.*

Comparés au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, à la Suède, à l'Allemagne, à l'Italie, à l'Espagne et au Canada, **les indicateurs de la production de recherche biomédicale en France sont globalement médiocres**. La France a le taux de croissance le plus faible entre 2010 et 2020, et est le seul pays dont le taux de croissance a été inférieur à la moyenne de l'UE27+RU pendant la majeure partie de la dernière décennie. Elle présente, de plus, la plus faible production globale par habitant.

De nombreux pays développés, dont la France, n'ont pas vu leur contribution à la part mondiale de la recherche biomédicale augmenter au cours de la dernière décennie en raison de l'émergence d'autres très grands contributeurs, telle la Chine. **Néanmoins, la France affiche une part des publications mondiales inférieure à celle de pays comme l'Allemagne et le Royaume-Uni, en raison d'un *ratio* particulièrement faible de recherche biomédicale publiée, par habitant.**

Cette **faible production de recherche par habitant**, associée à une **faible implication dans la recherche biomédicale** et à un **taux de croissance modeste - inférieur aux moyennes mondiales et européennes -** suggère que **le système français a atteint un plateau tout en conservant un potentiel de croissance**.

La recherche biomédicale française bénéficie, malgré tout, d'un impact scientifique similaire à celui de l'Espagne et du Royaume-Uni, avec un pourcentage égal de publications dans des revues de premier plan (Top 1-10 % de revues Scimago ; environ 50 %). Il convient toutefois de noter que **la France a également un nombre proportionnellement plus élevé de publications dans des revues de niveau inférieur** (30-100 % des revues Scimago), par rapport aux points de référence.

---

[19] Certaines données étant indisponibles, nous n'avons pas été en mesure d'analyser les citations par article comme mesure parallèle de l'impact lors de notre analyse des pays référencés. Il convient toutefois de noter que d'autres facteurs influencent la capacité à publier dans des revues classées par Scimago, notamment la réputation du chercheur/de l'institution, qui peut ne pas être liée à la qualité certifiée du travail présenté.

1.2. Domaines d'implication et de spécialisation dans la recherche biomédicale

Lorsque l'examine les thèmes et les domaines de spécialisation du portefeuille de recherches d'un pays[20], on y décèle ses avantages concurrentiels potentiels au niveau européen ou mondial, ainsi que les domaines où il peut apporter de plus grandes contributions et avoir le plus d'impact..

En premier lieu, il apparait que la recherche en France est davantage concentrée sur les sciences physiques, selon un schéma similaire à celui de l'Allemagne. L'implication de la France dans les sciences de la vie et de la santé est légèrement inférieure à la plupart des points de références, et les sciences sociales sont clairement sous-représentées (*Fig. 5*). Les Pays-Bas se consacrent clairement aux sciences de la santé, où ils font également preuve d'une haute spécialisation.

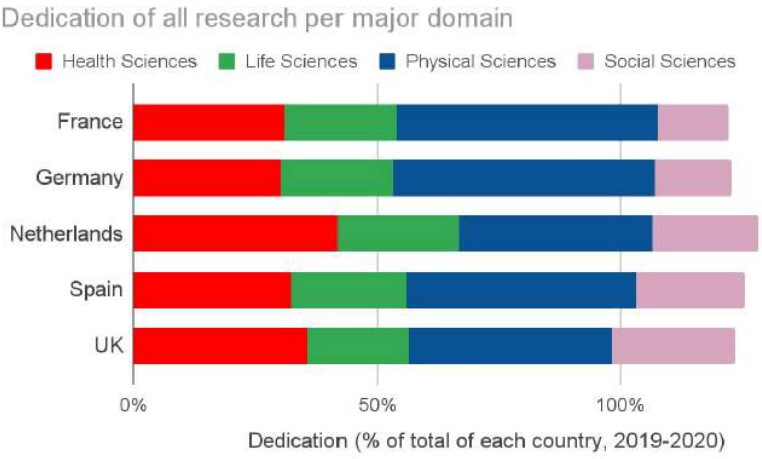


Fig. 5 *Implication globale dans la recherche 2019-2020, part de la recherche de chaque pays par* cluster *Scopus*[21]*. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant toutes les recherches enregistrées dans la base de données Scopus, ainsi que les 5 principaux domaines existant dans le système de classification Scopus (*Cluster *- 1er niveau de la catégorisation Scopus) ; la somme pour chaque type d'institution est supérieure à 100% puisque chaque revue, et donc ses publications, peut concerner plus d'un domaine.*

La France présente une spécialisation faible en sciences de la vie et n'est pas spécialisée en sciences sociales[22] en comparaison à la référence européenne EU27+RU (*Fig. 6A*) comme à l'ensemble des pays de référence présentés (*Fig. 6B*), contrebalançant une spécialisation plus élevée en sciences physiques. Sa spécialisation dans les sciences de la santé est équivalente à la base de référence Europe, mais elle n'est pas aussi spécialisée que celle des points de référence sélectionnés (*Fig. 6*).

La France, l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Espagne et le Royaume-Uni participent à plus de 65 %

[20] Le fort degré d'implication est le volume élevé de recherche sur un ou plusieurs sujets, tandis qu'une spécialisation indique la recherche pour laquelle le pays produit davantage par rapport à d'autres comparateurs (base de référence définie).

[21] La somme par type d'institution est supérieure à 100 % puisque chaque revue, et donc chaque publication, peut appartenir à plus d'un domaine dans la base de données Scopus.

[22] : La faiblesse apparente de l'implication et de la spécialisation en sciences sociales pourrait être le résultat d'une couverture plus faible de ce domaine par Scopus. Il existe une part importante de publications en sciences humaines et sociales (H&SS) en français mais Scopus est fortement orienté vers les publications en langue anglaise. Il reste difficile d'établir dans quelle mesure ceci masque la réalité française ou celle d'autres pays. La part élevée de publications en français en H&SS pourrait être le signe d'un manque d'internationalisation.

de l'ensemble de la recherche en sciences de la vie et de la santé en Europe (selon la classification Scopus) et seront utilisés comme comparateurs pour notre analyse.

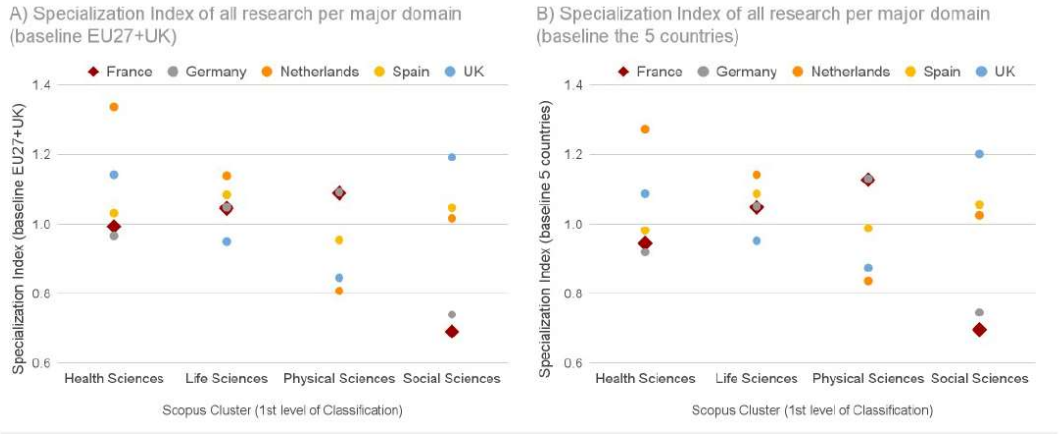


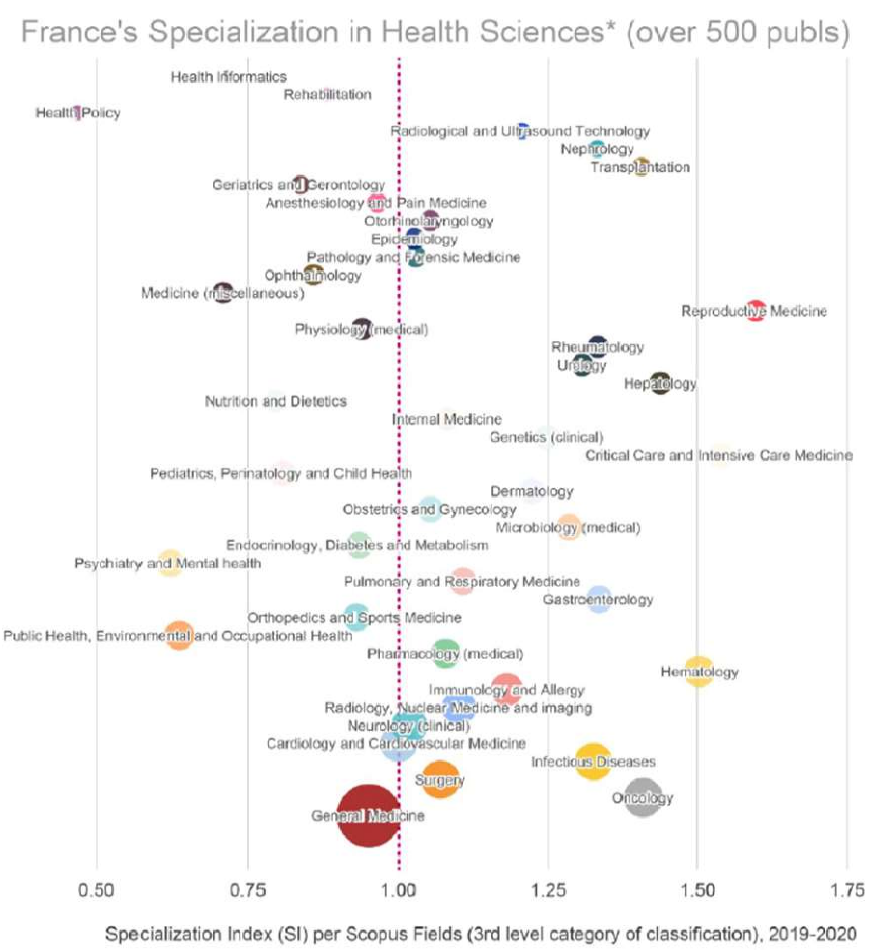
***Fig. 6 Spécialisation globale dans le domaine de la recherche 2019-2020**. **A)** Indice de spécialisation de l'ensemble de la recherche par cluster Scopus, base de référence : UE27+RU **et base de référence B)** combinaison de l'Allemagne, du Royaume-Uni, de la France, des Pays-Bas et de l'Espagne. Source : SIRIS Academic : utilisant toutes les recherches enregistrées dans la base de données Scopus, ainsi que les 5 principaux domaines existant dans le système de classification Scopus (1er niveau de la catégorisation Scopus).*

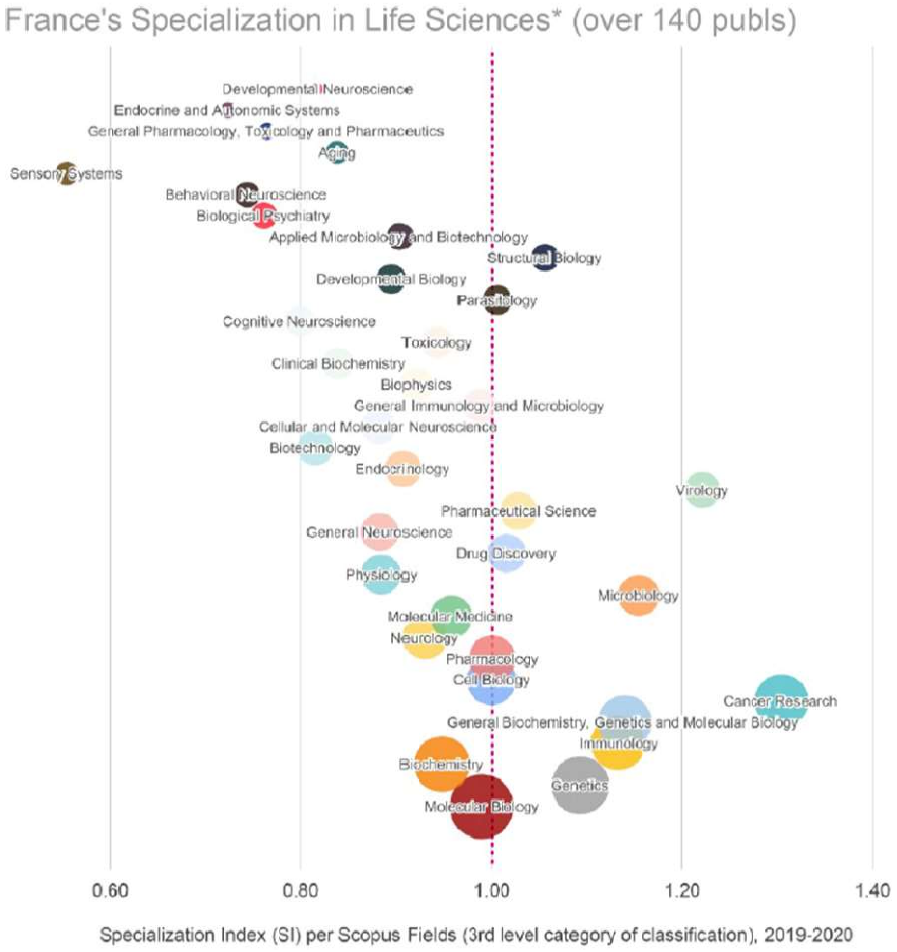
Dans le domaine des sciences de la vie et de la santé, **la France fait preuve d'une forte implication dans les principaux domaines biomédicaux traditionnels** : le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies infectieuses, les neurosciences, ainsi que l'immunologie, la chirurgie et la génétique, comme l'indique la taille des points dans les graphiques ci-dessous (*Fig. 7* : les points plus grands correspondent à un volume de recherche plus élevé).

Si les grands domaines tels que **le cancer, les maladies infectieuses et l'immunologie sont ceux où la France est la plus spécialisée par rapport aux références européennes** (indice de spécialisation supérieur à 1 *Fig. 7*), elle bénéficie naturellement du succès des centres de recherche intensive dédiés à ces sujets (par exemple, l'Institut Gustave Roussy, l'Institut Curie ou l'Institut Pasteur). De manière similaire, la France démontre une importante implication et une spécialisation élevée en hématologie et en virologie (*Fig. 7*), et une forte spécialisation dans d'autres domaines cliniques tels que la médecine de la reproduction et les soins intensifs (*Fig. 7A*).
En revanche, **la France n'est absolument pas spécialisée dans les domaines de la santé et de ses politiques publiques, la psychiatrie et la santé mentale** (*Fig. 7A - 8*), domaines qui ont fait l'objet d'une attention accrue ces dernières années, notamment au Royaume-Uni.

Si l'on considère spécifiquement les maladies par groupes, on observe en France une **spécialisation claire dans le domaine plus restreint des maladies hématologiques et lymphatiques** (*Fig. 8*), avec une production de recherche plus élevée par rapport aux autres pays européens ; mais elle reste mitigée par une faible spécialisation dans les troubles mentaux (ce qui est cohérent avec ce qui a été observé ci-dessus, dans les catégories Santé et Sciences de la vie de la classification Scopus).

Fig.7 (Page suivante). Indice de spécialisation de la recherche biomédicale française dans A) certains domaines des sciences de la santé Scopus et B) certains domaines des sciences de la vie Scopus *: référence de base:* ***Allemagne, Royaume-Uni, France, Pays-Bas et Espagne****, la taille des points correspond au nombre de publications en France (2019-2020) ; (seuls les domaines avec plus de 500 publications pour les sciences de la santé et 140 publications pour les sciences de la vie ont été représentés – une représentation significative). Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et les champs du système de catégorisation Scopus - 3e niveau de la classification Scopus dans les domaines des sciences de la santé (médecine, soins infirmiers, dentisterie et professions de santé) et dans les domaines des sciences de la vie (biochimie, génétique et biologie moléculaire, immunologie et microbiologie, neurosciences et pharmacologie, toxicologie et pharmacie). Le SI=1 signifie que la France est spécialisée dans le même domaine que le niveau de référence de base.*


France's Specialization in Health Sciences* (over 500 publs)
Health Informatics
Rehabilitation
Health Policy
Radiological and Ultrasound Technology
Nephrology
Transplantation
Geriatrics and Gerontology
Anesthesiology and Pain Medicine
Otorhinolaryngology
Epidemiology
Pathology and Forensic Medicine
Ophthalmology
Medicine (miscellaneous)
Reproductive Medicine
Physiology (medical)
Rheumatology
Urology
Hepatology
Nutrition and Dietetics
Internal Medicine
Genetics (clinical)
Critical Care and Intensive Care Medicine
Pediatrics, Perinatology and Child Health
Dermatology
Obstetrics and Gynecology
Microbiology (medical)
Endocrinology, Diabetes and Metabolism
Psychiatry and Mental health
Pulmonary and Respiratory Medicine
Gastroenterology
Orthopedics and Sports Medicine
Public Health, Environmental and Occupational Health
Pharmacology (medical)
Hematology
Immunology and Allergy
Radiology, Nuclear Medicine and imaging
Neurology (clinical)
Cardiology and Cardiovascular Medicine
Infectious Diseases
Surgery
Oncology
General Medicine
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
Specialization Index (SI) per Scopus Fields (3rd level category of classification), 2019-2020


France's Specialization in Life Sciences* (over 140 publs)
Developmental Neuroscience
Endocrine and Autonomic Systems
General Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics
Aging
Sensory Systems
Behavioral Neuroscience
Biological Psychiatry
Applied Microbiology and Biotechnology
Structural Biology
Developmental Biology
Parasitology
Cognitive Neuroscience
Toxicology
Clinical Biochemistry
Biophysics
General Immunology and Microbiology
Cellular and Molecular Neuroscience
Biotechnology
Endocrinology
Virology
Pharmaceutical Science
General Neuroscience
Drug Discovery
Physiology
Microbiology
Molecular Medicine
Neurology
Pharmacology
Cell Biology
Cancer Research
General Biochemistry, Genetics and Molecular Biology
Immunology
Biochemistry
Genetics
Molecular Biology
0.60
0.80
1.00
1.20
1.40
Specialization Index (SI) per Scopus Fields (3rd level category of classification), 2019-2020

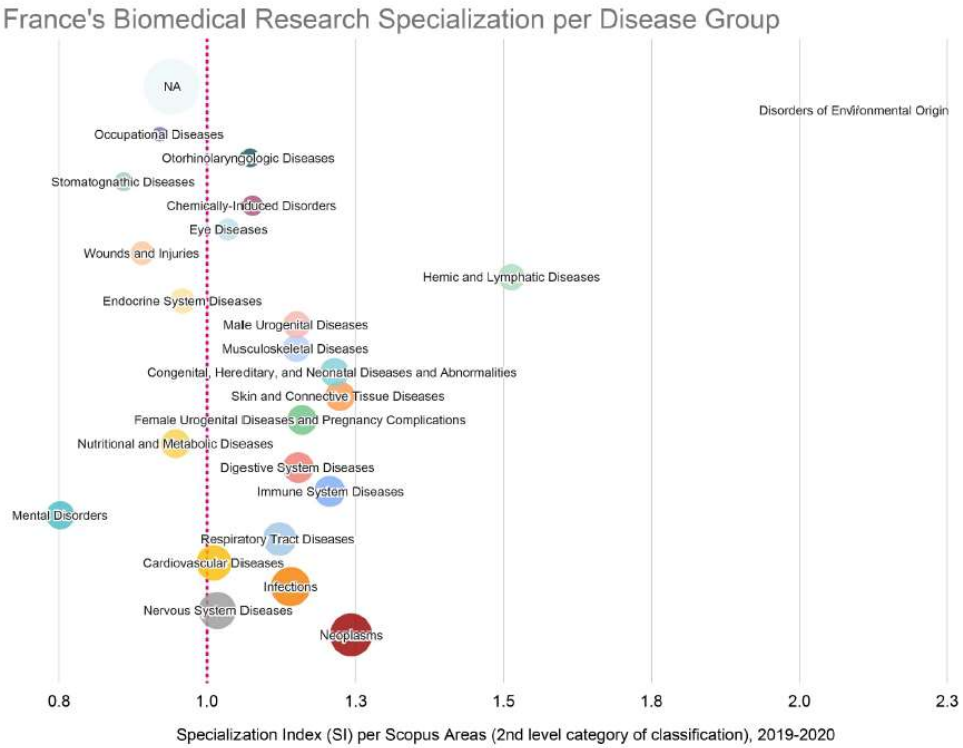


Fig. 8 Indice de spécialisation en France de la production de recherche biomédicale par groupe de maladies (2019-2020) *: référence de base : Allemagne, Royaume-Uni, France, Pays-Bas et Espagne, la taille des points correspond au nombre de publications en France (2019-2020) ; utilisant les publications dont les termes MeSH existent dans la branche C-Diseases et F03-Mental Disorders de la taxonomie MeSH NIH-NLM. Les documents peuvent être classés dans plusieurs groupes de maladies (par ex., la recherche sur l'asthme sera classée comme une maladie immunitaire et respiratoire). Source : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire ad hoc pour la recherche biomédicale et la taxonomie NIH-NLM MeSh. Un SI=1 signifie que la France est spécialisée, en moyenne, de la même manière que la référence de base ; un SI autour de 2 signifierait qu'elle est deux fois plus spécialisée que la référence de base.*

La recherche en France reste spécialisée dans les sciences physiques, avec une moindre implication dans les sciences de la vie et de la santé, et encore plus restreinte dans les sciences sociales. Cette spécialisation proportionnellement plus faible dans la recherche biomédicale est liée à des choix de politique scientifique à long terme et à des investissements dans d'autres domaines, en particulier dans les sciences physiques et les mathématiques.

La recherche biomédicale en France se consacre fortement aux grands domaines traditionnels, suivant en cela une tendance généralement partagée par les pays européens. **La France est toutefois spécialisée dans les domaines du cancer, des maladies infectieuses, de l'immunologie ainsi que des maladies hématologiques et lymphatiques**, avec une production de recherche plus élevée dans ces domaines par rapport aux pays référencés. En revanche, la France n'est **absolument pas spécialisée dans les domaines de la santé publique et de ses politiques publiques, ainsi que de la psychiatrie et de la santé mentale**.

1.3. Multidisciplinarité et interdisciplinarité

Il est aujourd'hui généralement admis que la capacité à mener des recherches multidisciplinaires et interdisciplinaires est souvent liée à l'aptitude à mener une recherche translationnelle de grande qualité. Il est cependant essentiel de pouvoir développer des approches innovantes pour résoudre des problèmes biomédicaux complexes, indépendamment du « type » de recherche. Lorsqu'il s'agit d'aborder des problèmes de santé publique spécifiques dont la résolution dépend de la recherche dans des domaines qui ne relèvent pas des domaines biomédicaux classiques (par exemple, l'économie, les sciences de l'environnement, la psychologie et les sciences sociales au sens large), la recherche interdisciplinaire et intersectorielle est également décisive.

La recherche biomédicale française présente un **degré de pluridisciplinarité**[23] (*tableau 1, Fig. 9*) **et d'interdisciplinarité** (*Fig. 10*) **similaires**[24] **à celui des pays de référence**, malgré une différence tendancielle. La France, l'Espagne et l'Allemagne semblent montrer une **plus grande implication des sciences physiques dans la recherche biomédicale, au détriment des sciences sociales**, tandis que le Royaume-Uni et les Pays-Bas ont une contribution plus équilibrée dans ces deux domaines (*Fig. 9-10*).

Le niveau de multidisciplinarité et d'interdisciplinarité de la recherche biomédicale en France est globalement similaire à celui des pays référencés, dans lesquels près de 80 domaines[25] contribuent à 99 % de la recherche biomédicale française[26] (*tableau 1*).

La multidisciplinarité en France révèle que la quantité de recherche publiée dans différents domaines de la santé et des sciences de la vie est similaire à celle des autres pays (*Fig. 9*). L'interdisciplinarité, c'est-à-dire la part des publications biomédicales dans des revues qui ne relèvent pas des sciences de la vie et de la santé, est en France légèrement inférieure à celle de l'Allemagne et de l'Espagne (respectivement 16 % contre 20 et 22 %) et similaire à celle du Royaume-Uni et des Pays-Bas (*Fig. 10*). Toutefois, la tendance se distingue par son volume de recherche plus faible dans les domaines des sciences sociales (*Fig. 9-10*). Que la recherche interdisciplinaire avec les sciences physiques soit plus répandue en France peut résulter de la spécialisation nationale de la France en sciences physiques.

---

23 Recherche avec contribution de sujets **dans** les domaines des sciences de la vie et de la santé.

24 Recherche avec contribution de sujets **hors** des domaines des sciences de la vie et de la santé.

25 Nous avons utilisé ici la classification Scopus Niveau 3 – Champs (voir Analyse des domaines de recherche biomédicale)

26 Au cours de cette analyse, nous avons définis deux seuils pour compter les différents domaines de la recherche biomédicale. Il était essentiel de garantir que les conclusions ne soient tirées qu'à partir de domaines ayant un nombre significatif de publications : nous avons choisi les seuils de 1% et 0,25% après évaluation d'autres seuils (voir le tableau). Seuls les domaines comprenant au moins plus de 0,25 % et 1 % de l'ensemble de la recherche biomédicale en France ont été analysés.

2019-2020	France	Germany	Netherlands	Spain	UK
Total number of fields with >1% of country's research	78	73	69	77	71
number of publications of the first field with >1% of country's research	*821*	*1152*	*583*	*639*	*1729*
Total number of fields with >0.25% of country's research	126	134	129	133	139
number of publications of the first field with >0.25% of country's research[27]	*213*	*304*	*144*	*162*	*441*

Tableau 1. Recherche biomédicale en nombre de champs Scopus, par pays référencés (2019-2020) [27] ***:*** *nombre de champs Scopus > 1 % et > 0,25 % de l'ensemble des publications de recherche biomédicale. Source : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale* ad hoc *et le système de catégorisation Scopus (*Clusters *– 1er niveau de classification ; Domaines – 2eme niveau de classification.)*

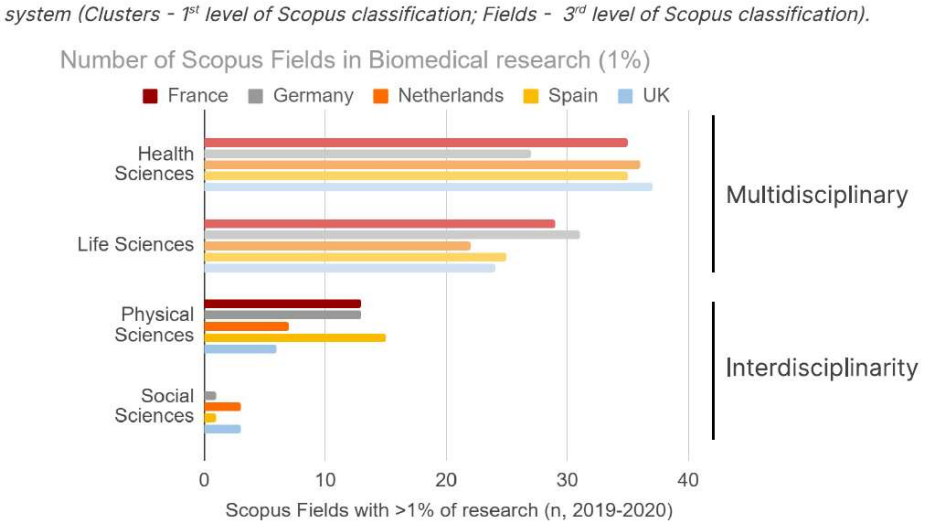


Fig. 9 Recherche biomédicale en nombre de champs Scopus, par pays référencés (2019-2020) *: nombre de champs Scopus représentant >1% de toutes les publications de recherche biomédicale. Champs Scopus représentant 1 % de l'ensemble des publications de recherche biomédicale. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale* ad hoc *et le système de catégorisation Scopus (*Clusters*, 1er niveau de classification Scopus ; Champs, 3e niveau de* classification Scopus).

[27] Ainsi, nous sommes en mesure de comprendre ce que signifient les seuils de 1 % et 0,25 %, aide à garantir un nombre solide de publications. Les domaines qui représentent 1% et 0,25% de la recherche biomédicale française comprennent respectivement environ 400 et 100 publications annuelles (821 et 2 013 en 2019-2020).

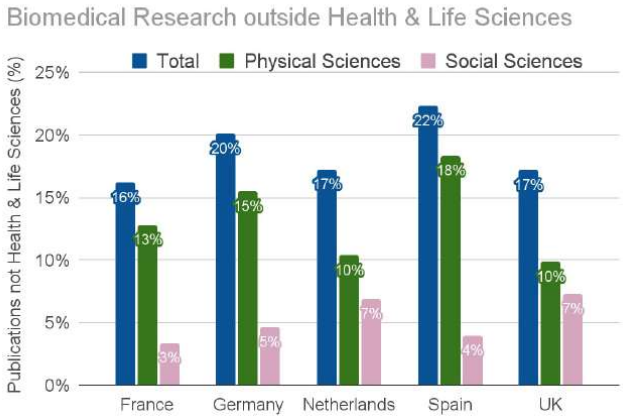


Fig. 10 Implication de la recherche biomédicale dans d'autres groupes Scopus (hors sciences de la vie et de la santé) *: pourcentage de la recherche biomédicale dans chaque pays (2019-2020). Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale ad hoc et le système de catégorisation Scopus (*Clusters*, 1er niveau de classification Scopus).*

La recherche biomédicale interdisciplinaire engageant des contributions spécifiques en sciences physiques est forte en France, en particulier en chimie, ainsi que dans les sous-domaines de l'informatique (*Fig. 11, page suivante*).

Il est intéressant de constater que la recherche biomédicale interdisciplinaire en **France, très probablement en raison de l'excellence française en sciences physiques, est plus spécialisée dans les sciences de l'environnement et en physique, que dans les domaines biomédicaux appliqués tels que l'ingénierie biomédicale, la bio-ingénierie ou les biomatériaux** (*Fig. 11*).

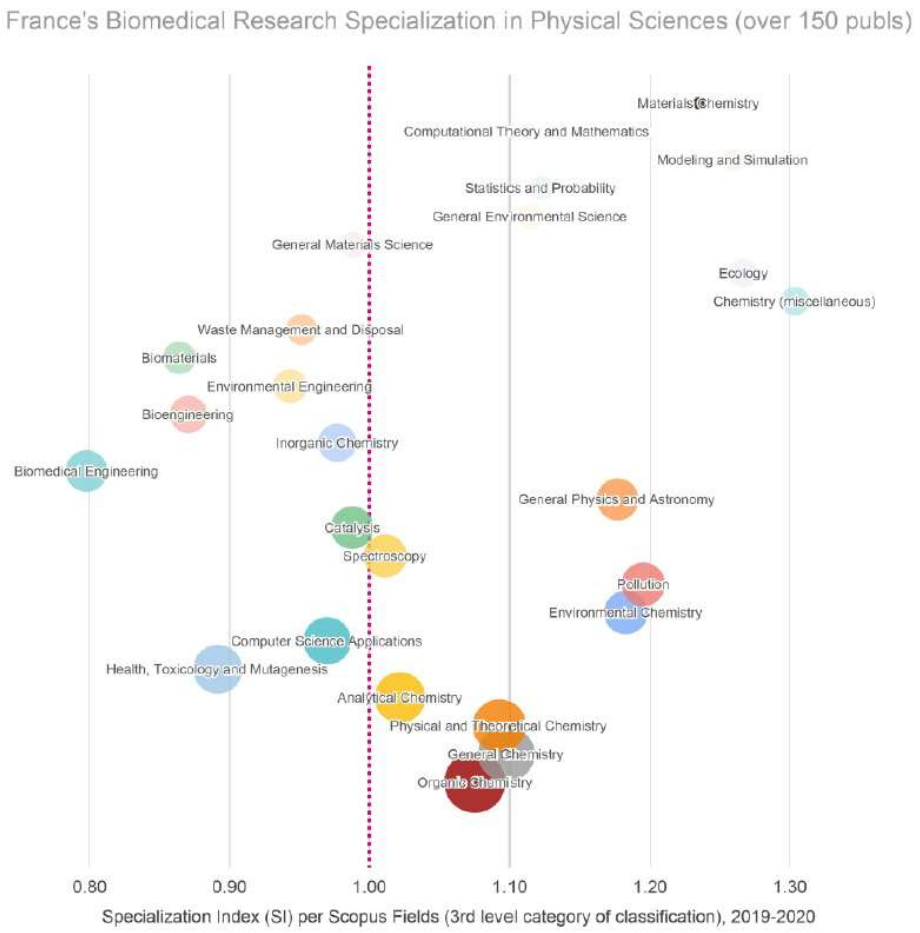


Fig. 11 Indice de spécialisation de la recherche biomédicale française dans les <u>domaines de la science physique</u> Scopus: référence de base: Allemagne, Royaume-Uni, France, Pays-Bas et Espagne*, la taille des points correspond au nombre de publications en France (2019-2020) ; (uniquement les domaines couverts par plus de 150 publications - représentation significative). Source : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale ad hoc et le système de catégorisation Scopus (Domaines – 3eme niveau de classification Scopus pour tous les domaines). Un IS=1 signifie que la France est spécialisée, en moyenne, de la même manière que la référence de base ; un IS autour de 2 signifierait qu'elle est deux fois plus spécialisée que la référence de base.*

La recherche biomédicale française présente un **degré de pluridisciplinarité et d'interdisciplinarité similaires à celui des pays référencés**, avec cependant une différence tendancielle. La France, l'Espagne et l'Allemagne semblent montrer une **plus grande implication des sciences physiques dans la recherche biomédicale, au détriment des sciences sociales**, tandis que le Royaume-Uni et les Pays-Bas ont une contribution plus équilibrée de ces deux domaines.

La recherche biomédicale interdisciplinaire en France est **singulièrement plus spécialisée dans les sciences de l'environnement et la physique que dans les domaines biomédicaux appliqués, tels que l'ingénierie biomédicale, la bio-ingénierie ou les biomatériaux.**

1.4 Production de la recherche fondamentale et translationnelle par rapport à la recherche clinique

On observe, en France comme ailleurs, une même difficulté à mettre en œuvre la recherche translationnelle sur l'ensemble du *continuum* allant de la biologie à la santé, ainsi qu'une difficulté à mener des recherches multidisciplinaires. Le manque de structures de financement et d'évaluation spécifiques à ce type de recherche en est pour partie responsable, non seulement pour ce type de recherche, mais généralement pour toute recherche qui n'est pas limitée à des thèmes étroits et circonscrits.[28]

L'analyse de la production de recherche fondamentale et translationnelle par rapport à la recherche clinique montre que, dans l'ensemble, la France présente un écosystème de recherche assez équilibré par « type » de recherche, avec 51 % de recherche fondamentale et translationnelle et 49 % de santé publique, d'épidémiologie et de recherche clinique (*Fig. 12A*). Cette tendance est similaire en Espagne et en Allemagne, mais différente de celle des Pays-Bas (et, dans une moindre mesure, de celle du Royaume-Uni, qui se consacre davantage à la santé publique, à l'épidémiologie et à la recherche clinique) (*Fig. 12*).

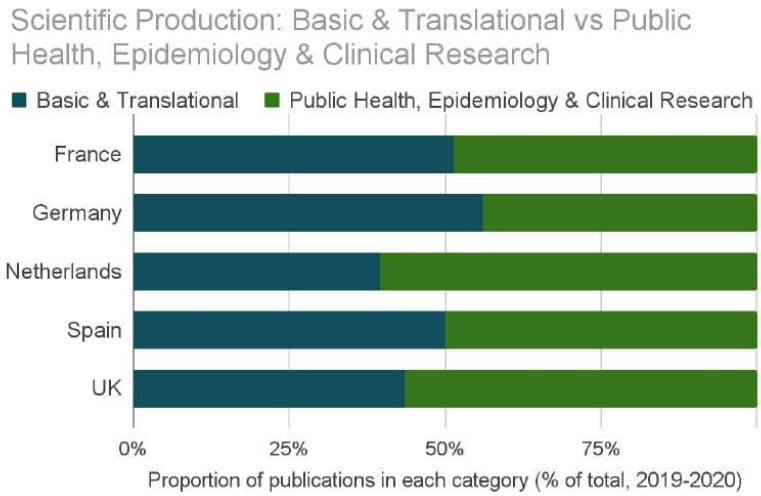


Fig. 12 Part des publications de recherche biomédicale par type de recherche, par pays (2019-2020) *: pourcentage de publications fondamentales et translationnelles par rapport aux publications sur la santé publique, l'épidémiologie et la clinique, données en pourcentage du total des publications dans le domaine de la recherche biomédicale. Source : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale* ad hoc *et le type de recherche (voir la section Méthodologie pour plus de détails sur les vocabulaires contrôlés utilisés dans cette étude).*

[28] A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter, au nom d'un groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, *Rapport 21-07. Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie II, l'organisation* ; *Le rôle des CHU dans l'enseignement supérieur et la recherche médicale* - Décembre 2017, Cour des comptes.

Pour révéler l'indicateur d'impact de la recherche biomédicale en France, l'analyse a mesuré sa capacité à publier dans des revues prestigieuses, comme celles utilisées pour calculer le Nature Index (NI), souvent associées à une plus grande visibilité et à la reconnaissance par les pairs[29]. En utilisant cette mesure, il apparait que la recherche fondamentale et translationnelle française semble bénéficier d'une reconnaissance similaire à celle des points de référence, telle que mesurée par la part des publications dans les revues prises en compte pour le NI, comparables à celle des Pays-Bas (1,21 % en France et 1,2 % aux Pays-Bas) et seulement légèrement inférieures à ceux du Royaume-Uni (1,3 %) et de l'Allemagne (1,4 %).

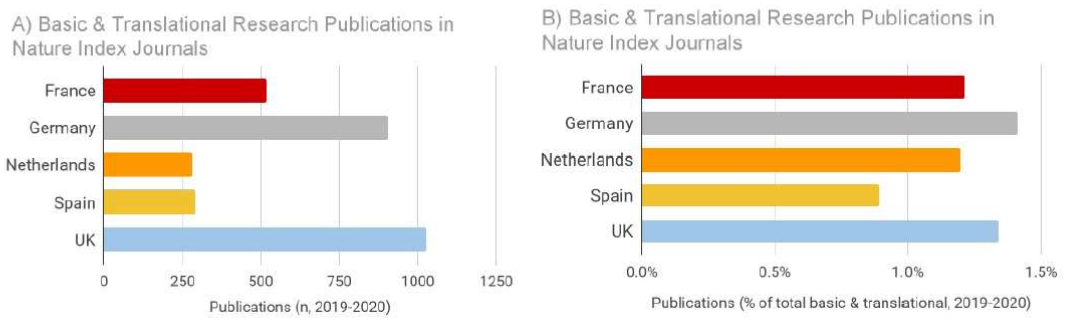


Fig. 13. Nature Index (NI) des publications biomédicales par type de recherche et son impact, par pays (2019-2020) : A) *nombre de publications fondamentales et translationnelles dans les revues NI ;* ***B)*** *pourcentage de publications, par rapport au nombre total de production fondamentale et translationnelle, dans les revues NI. Source : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale ad hoc et le type de recherche (voir la section Méthodologie pour plus de détails sur les vocabulaires contrôlés utilisés dans cette étude).*

Il a été avancé que les différentes faiblesses du système, telles que l'absence de financement spécifique et de structures d'évaluation, ont un impact négatif sur la capacité à faire de la recherche translationnelle. **La part de la recherche fondamentale et translationnelle en France est similaire à celle de l'Espagne et de l'Allemagne, et ses performances** (au moins mesurées par sa capacité à publier dans les revues Nature Index) **sont comparables à celles de pays tels que les Pays-Bas, et seulement légèrement inférieures à celles du Royaume-Uni.** Il convient toutefois de noter que notre analyse ne permet pas d'évaluer spécifiquement et uniquement la production et les performances de la recherche translationnelle.

[29] Les revues sélectionnées pour l'index Nature représentant principalement la recherche fondamentale, nous l'avons uniquement utilisé pour évaluer la recherche fondamentale et translationnelle. La part des publications dans le Nature Index est le pourcentage de publications émanant d'une institution, publiées dans les revues prises en compte pour cet indice. Le Nature Index se définit comme un indicateur de performance de la recherche basé sur la production de 82 revues de sciences naturelles, sélectionnées sur la base de leur réputation par un panel indépendant de scientifiques de premier plan.

La réponse de la recherche biomédicale française à la pandémie Covid-19

Utilisée comme un cas d'école emblématique, la faible réponse de la France à la pandémie de Covid-19 a pu être analysée par certains comme la conséquence d'une fragmentation des parties prenantes, d'un manque de coordination et d'une absence de stratégie globale dans la recherche biomédicale[30].

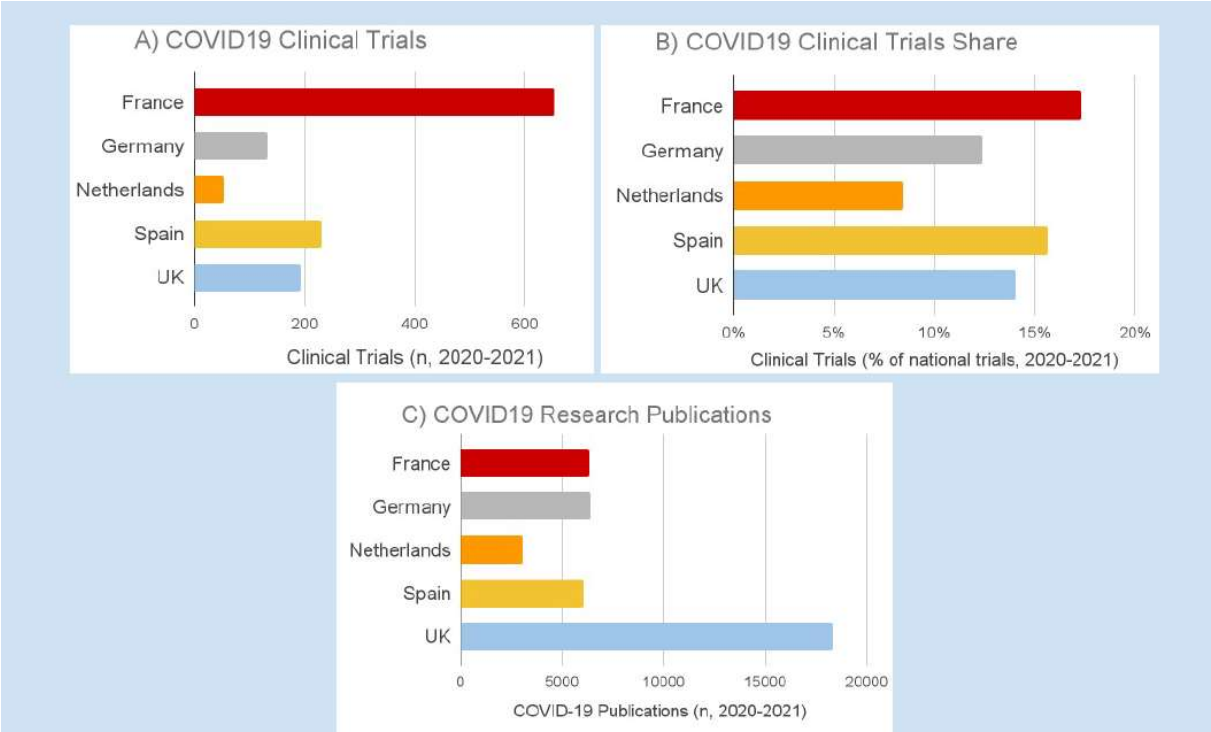
« La pandémie de la Covid-19 *a été un puissant révélateur de l'état inquiétant de cette dispersion des moyens et de la complexité de l'organisation et du financement de la recherche en biologie-santé.* ***La cacophonie autour des appels à projets de recherche et la multiplication anarchique du nombre d'essais cliniques engagés le démontrent, 365 pour la France seule soit presqu'autant que les 415 des Etats-Unis (415) ou des 404 de la Grande Bretagne et l'Allemagne réunies (4), mais sans aucune chance d'aboutir à des conclusions fiables en raison des nombreux biais méthodologiques*** *en particulier un nombre trop restreint de patients. L'absence de stratégie globale a donné lieu à la multiplication d'essais souvent dupliqués et à un gaspillage inacceptable des moyens. »*

Pourtant, en comparaison du nombre total d'essais cliniques lancés, la France se situe bien au-dessus de tous les pays de référence analysés. Elle fait également preuve d'un engagement légèrement plus fort au niveau national, par rapport aux autres pays, pour les essais cliniques dans le cadre de la Covid-19 (17 % dans la part nationale de production d'essais cliniques 2020-2021).

En 2020 et 2021, la France a participé à 655 essais Covid-19 non parrainés par l'industrie, contre 327 pour l'Allemagne et le Royaume-Uni réunis. Cependant, la réponse de la France à la pandémie étant perçue comme produisant de médiocres résultats, la quantité plus élevée d'essais équivaut à un plus grand gaspillage de ressources lorsque ces essais ne parviennent pas à trouver des solutions pour soigner la Covid-19, en France et dans le monde entier.

En termes de volume de publications, la France a autant publié sur la Covid-19 que l'Allemagne et l'Espagne, mais bien moins que le Royaume-Uni (18,4K pour le Royaume-Uni contre 6,4K pour la France ou l'Allemagne).

[30] A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter - groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, Rapport 2107. « *Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé: partie II, l'organisation* ».



Essais cliniques Covid-19 (2020-2021) : A) nombre total d'essais cliniques Covid-19 ; **B)** essais cliniques Covid-19 pourcentage du total des essais cliniques nationaux ; **C)** nombre total de publications de recherche Covid-19. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale *ad hoc* pour la recherche biomédicale et Covid-19 pour la recherche[31].

Si ces données ne sont pas concluantes en elles-mêmes, elles ne discréditent pas pour autant l'hypothèse selon laquelle la fragmentation des parties prenantes, le manque de coordination et l'absence de stratégie globale ont pu jouer un rôle dans l'échec de la France à créer des solutions thérapeutiques à la Covid-19.

[31] Afin d'identifier les publications et les essais cliniques liés à la Covid-19, nous avons rassemblé les documents pertinents en interrogeant PubMed et Clinicaltrials.gov - AACT Initiative avec les termes MeSh suivants :
○ SARSCoV2 B04.820.578.500.540.150.113.968
○ Covid-19 Testing E05.200.312
○ Covid-19 C01.748.610.763.500
○ Covid-19 Vaccins D20.215.894.899.085
○ Syndrome respiratoire aigu sévère C01.925.782.600.550.200.750 : notre analyse n'ayant été effectuée que pour 2019 et 2020, le risque d'inclure d'autres SRAS comme le MERS, minime, n'a pas été pris en compte.

Partie 2. Les principales parties prenantes institutionnels dans la recherche biomédicale française

La recherche biomédicale fait appel à la fois à la recherche clinique et à la recherche fondamentale qui fonctionnent dans un *continuum*, pas nécessairement linéaire. Le besoin de coordination et d'échanges entre toutes les institutions/groupes qui effectuent différents « types » de recherche biomédicale est capital et rend son fonctionnement naturellement complexe. En France, une triade d'acteurs en compose le fonctionnement : les Universités, les CHU et les organismes de recherche (tels l'Inserm)[32].

La sous-performance de la France est intuitivement, au moins en partie, due à la complexité organisationnelle. Celle-ci dilue les efforts et diminue l'efficacité de la recherche. Il semble que le modèle des CHU, jadis très performant, doive être revu pour, d'une part, mieux s'aligner sur le *leadership* croissant des Universités en termes de stratégie de recherche ; et d'autre part prioriser une recherche translationnelle de meilleure qualité, en renforçant éventuellement le rôle de pilotage de la direction scientifique.

> *« Replacer les CHU comme des acteurs centraux dans le dispositif de la recherche a pour prérequis une évolution de la gouvernance des CHU qui associe au plus haut niveau la dimension recherche aux décisions hospitalières. [...] Des modes de gouvernance ont été mis en place à cet effet dans des structures hospitalières particulières comme les Centres de Lutte contre le Cancer, dirigés par des médecins, ou dans beaucoup de pays européens où la gouvernance des hôpitaux universitaire est assurée par un duo composé d'un directeur administratif et d'un scientifique, comme aux Pays-Bas »*[33].

Cette section du rapport pose une question simple : en analysant les institutions à l'origine des publications de la recherche biomédicale française, trouvons-nous des éléments qui confirment ces perceptions ?

L'analyse se concentre ainsi sur les questions suivantes :

- Quelle est la contribution des différentes parties prenantes françaises à la recherche biomédicale ?

- Quelle est la part réelle de la recherche fondamentale et translationnelle comparée à celle de la santé publique, de l'épidémiologie et de la recherche clinique dans les différents types d'institutions françaises ?

- Quel est le taux d'internationalisation et de leadership dans les différents types d'institutions françaises ?

[32] Ce rapport se concentre sur la relation entre les Universités et les CHU. Bien que le lien avec l'Inserm soit d'une grande importance, compte tenu de la grande complexité du système français et de ses affiliations, en particulier celles relatives à cette triade, le rapport ne se concentre pas sur l'Inserm, car cela nécessiterait une analyse complexe qui n'entre pas dans le cadre de ce travail spécifique.

[33] A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter - groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, « *Rapport 2107. Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé : partie II, l'organisation* ».

Puis, en se concentrant sur la relation Université-CHU :

- Quel est le niveau de performance de la recherche dans les CHU ?

- Quels sont les domaines de spécialisation des CHU et des Universités associées ?

- Quelle est la contribution des CHU et des Universités aux principales pathologies, identifiées comme fortes, en France ? Et quel est l'impact de la recherche dans ces domaines par établissement ?

Pour y répondre, nous devons avant tout résoudre une difficulté technique spécifique : comment distinguer les affiliations et, par conséquent, les différentes parties prenantes dans la recherche biomédicale, en particulier les CHU.

Considérations méthodologiques

Attribution de la recherche

La recherche contemporaine, plus particulièrement la recherche biomédicale, est toujours plus collaborative, compliquant ainsi l'attribution exacte du crédit de recherche à des auteurs et/ou des institutions spécifiques (et donc à des catégories ou des types d'institutions).

Cette question est d'autant plus complexe en France où (i) l'affiliation des chercheurs individuels englobe fréquemment plusieurs institutions contribuant au salaire et/ou aux coûts d'infrastructure ; (ii) les affiliations sont généralement enchevêtrées - les CHU, par exemple, ont une forte identité institutionnelle mais, dans le domaine de la recherche, sont *de facto* intégralement fondus dans leur université respective.

Prenant en compte l'objectif de l'analyse et les particularités de la recherche contemporaine et de l'écosystème français, nous avons défini l'approche méthodologique suivante :

1. **Seul le dernier auteur de chaque publication est pris en compte** : ainsi les publications « originaires et/ou dirigées » par une institution (et non leur travail collaboratif) marquent l'attribution à une institution de recherche spécifique ; cette approche contribue à dégager la recherche « originaire » dans les différents « *groupes d'affiliation* » (voir tableau ci-dessous) impliqués dans la recherche biomédicale française.

2. **La part pondérée n'est pas appliquée pour les affiliations multiples des auteurs dans les publications** : une seule publication est attribuée de manière égale à toutes les institutions mentionnées dans les affiliations des auteurs.

3. De même, lors de l'attribution de recherches publiées à différents « *groupes d'affiliation* » : **si une publication indique plus d'une affiliation, elle est comptée comme « une » dans chacun des groupes affiliés**. Ainsi, si le dernier auteur d'une publication indique une affiliation au CHU, à l'Université et à l'Inserm, cette publication est portée au décompte individuel de tous les groupes d'affiliation : CHU, établissements d'enseignement supérieur (EES) et Inserm (voir tableau ci-dessous).

Compte tenu de ces critères, les affiliations trouvées dans les publications biomédicales françaises ont été classées dans plusieurs groupes d'affiliation, qui comprennent plusieurs types d'institutions similaires. Par exemple, les établissements d'enseignement supérieur

comprennent toutes les affiliations des Universités, tandis que le groupe « Organismes de Recherche » inclut les publications signées de l'Inserm et du CNRS (sans être explicitement une UMR ou une UM), de l'INRA, de l'IRD et du CEA. Spécifiquement et surtout pour les UMR du CNRS ou de l'Inserm dans les Universités : si une publication d'un dernier auteur d'une UMR de l'Inserm dans une Université est signée avec l'Université, l'UMR et le CHU, cette publication sera affectée aux groupes d'affiliation suivants : EES, CHU et Inserm. Si un dernier auteur n'ajoute pas l'affiliation UMR sur une publication mais le fait pour l'Université et le CHU, la publication sera ajoutée aux groupes d'affiliation EES et CHU.

Le tableau ci-dessous représente l'ensemble des « groupes d'affiliation » et des types d'institutions considérés dans cette étude[34] :

"Affiliation Groups"	Institutions included
HEI (Higher Education Institution)	Universities
CHU	University Hospitals (CHUs)
Inserm	Inserm UMRs
CNRS	CNRS UMRs
Cancer centre	CLCCs
Hospital	Hospitals not belonging to the CHU network; private and public
IHU	IHUs
Private sector	Private research/organisations/companies
Public body, association, foundation	Includes EPICs, ETIs and INSA
Research organisation	Inserm (not UMR or UM), CNRS (not UMR or UM), INRA, IRD, CEA
Research Institute	Includes all research institutes not associated with universities and/or hospitals such as Institut Curie, etc.

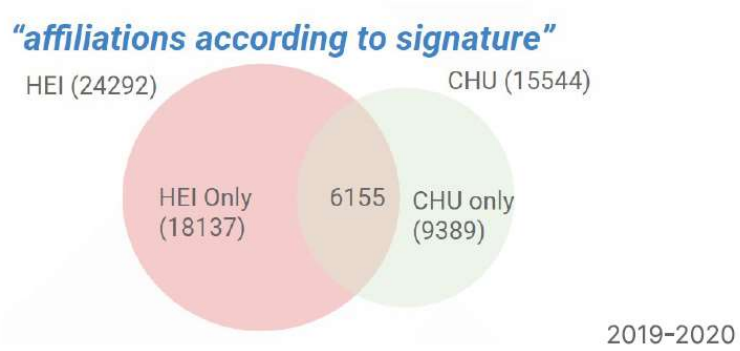
Affiliations contre réalité

Comprendre le poids des principales parties prenantes institutionnelles dans l'écosystème français, avec un accent particulier sur les Universités et les CHU, est l'un des principaux objectifs de la cette étude.

En identifiant la recherche produite par les deux types d'institutions à travers les affiliations indiquées par chaque dernier auteur d'une publication (groupe de recherche ou responsable de la recherche), **nous avons confirmé une incontestable difficulté liée au sentiment d'appartenance aux universités. Ce problème se révèle dans les pratiques d'affiliation des auteurs des CHU.**

Quasiment tous les auteurs mentionnant une affiliation au CHU devraient également indiquer leur affiliation à l'université, puisque la plupart d'entre eux en sont les employés. C'est pourtant loin d'être le cas : nous avons constaté qu'un pourcentage considérable de toutes les publications des derniers auteurs de CHU ne mentionnent pas leur affiliation universitaire.

[34] L'identification et l'attribution correcte ont été vérifiées manuellement, sur la base de l'outil ScanR fourni par le MESRI, et validées par l'équipe de France Universités. Toutes les institutions ayant plus de 50 publications en 2019 et 2020 ont été prises en compte.



Source SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale ad hoc *(2019-2020).*

Afin de dresser un portrait plus fidèle de l'écosystème français à la lumière de ce qui précède, nous avons fait l'hypothèse suivante :

○ toutes les publications où l'auteur n'a indiqué que le CHU doivent en fait être considérées comme appartenant à la fois aux CHU et aux Universités.

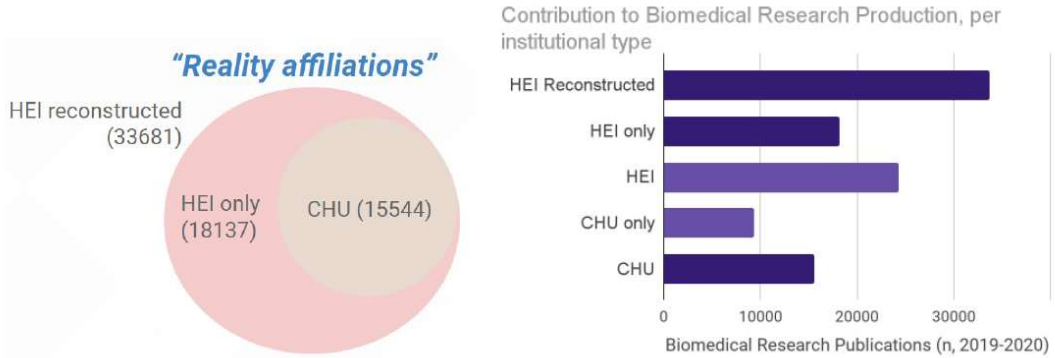
Sur la base de cette hypothèse, cette étude a par conséquent suivi les postulats d'un diagramme de Venn « corrigé », modifié de la manière suivante (voir ci-dessous) :

○ EES (établissements d'enseignement supérieur) Reconstruit : unifie la recherche EES et CHU

○ EES seul : recherche conduite exclusivement dans les Universités, **ci-après nommées « Universités » ou « EES seul »**.

○ CHU : recherche menée dans les CHU (indépendamment de la relation, explicite ou non, avec les EES), **ci-après nommés « CHU »**.

Ces catégories ont été principalement utilisées pour cette étude, et pour reproduire une approximation au plus proche de la réalité.



Source SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale ad hoc *(2019-2021).*

2. 1. Volume de recherche, internationalisation et *leadership*

Les établissements d'enseignement supérieur (et les CHU associés) contribuent à plus de 60%

de l'ensemble de la recherche biomédicale en France (33% pour les Universités et 29% pour les CHU) (*Fig. 14*).

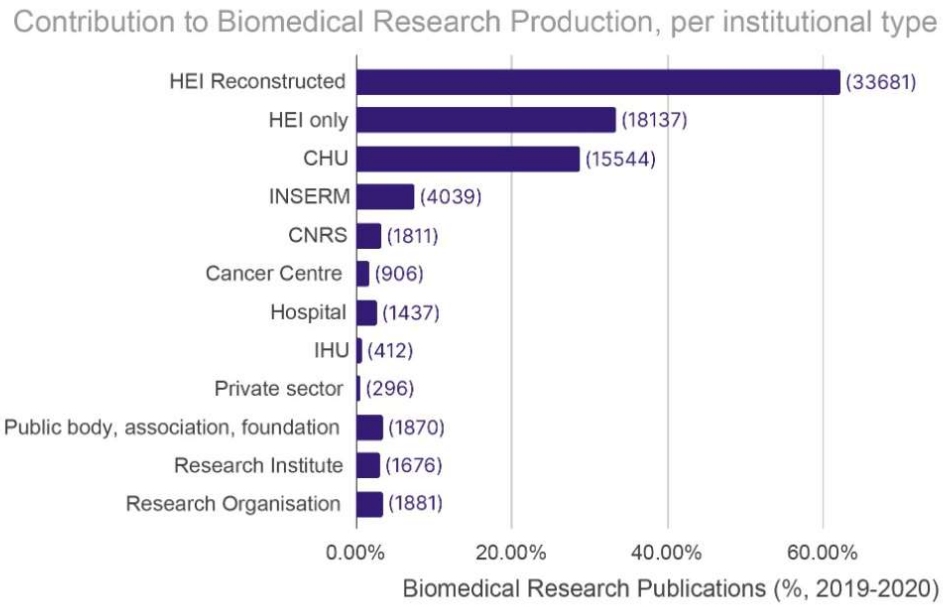


Fig. 14 Publications françaises par groupe de type institutionnel (2019-2020) *: volume de la France - % du total, (les chiffres en surimpression correspondent au nombre brut de publications). Source SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire de recherche biomédicale* ad hoc.

La contribution de la plupart des institutions par type de recherche est conforme aux attentes : le CNRS publie nettement plus en recherche fondamentale et translationnelle ; les CHU et hôpitaux de santé publique, d'épidémiologie et de recherche clinique, et les groupes universitaires (sans affiliation CHU) publient davantage en recherche fondamentale et translationnelle (*Fig. 15*) :

- le CNRS (70%) et les organismes de recherche (80%) publient davantage en recherche fondamentale & translationnelle ;

- les CHU et les Hôpitaux publient davantage en santé publique, épidémiologie et recherche clinique (autour de 75%).

- les Universités publient davantage dans le domaine de la recherche fondamentale et translationnelle (67 %).

- En ce qui concerne les institutions spécialisées, les centres de cancérologie présentent une production scientifique plus importante en santé publique, épidémiologie et recherche clinique (66%), tandis que les IHU publient autant dans les deux types de recherche.

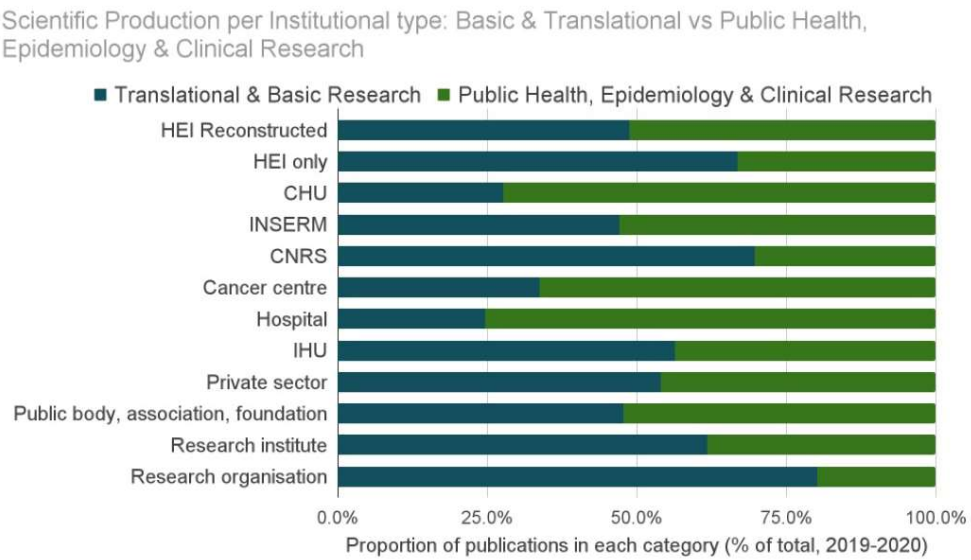


Fig. 15 Part des publications en recherche biomédicale par type de recherche et par type d'institution (2019-2020). *Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant un vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et le type de recherche (voir la section Méthodologie).*

En ce qui concerne l'internationalisation[35] et le *leadership*[36], **les CHU et les hôpitaux représentent la part la plus faible de publications avec des partenaires internationaux** (environ 45 %, contre > 50 % pour tous les autres acteurs) et, simultanément, **la part la plus élevée de publications dirigées par un premier ou dernier auteur** (66 % et 70 % - *Fig. 16A*).

La grande capacité à diriger, bien que bénéfique en soi, est souvent la contrepartie d'un travail collaboratif réduit, ce qui peut diminuer la visibilité internationale, la reconnaissance par les pairs et l'excellence de la recherche. Il convient toutefois de noter que le volume des contributions des CHU et des IHU est si important qu'il peut donc y avoir des pratiques très différentes au sein de chaque Université ou CHU.

L'Inserm, le CNRS et les IHU présentent une répartition assez équilibrée du *leadership* et de l'internationalisation, illustrant ainsi leur aptitude à collaborer à l'échelle internationale sans pour autant perdre leur capacité à diriger. Les instituts de recherche et les centres de lutte contre le cancer ont un profil de collaboration internationale plus élevé et, par conséquent, une part plus faible de postes de direction (même si elle reste importante, autour de 45 %, figure 16A).

Les schémas d'internationalisation et de *leadership* ne changent pas substantiellement, lorsque l'on considère uniquement la recherche fondamentale et translationnelle ou la santé publique, l'épidémiologie et la recherche clinique (*Fig. 16BC*). On relève toutefois une légère faiblesse de l'internationalisation de la recherche dans les domaines plus cliniques (généralement inférieure à 60 %, sauf pour les organismes publics et le cas particulier de la recherche privée), faiblesse similairement relevée dans le taux de *leadership*.

[35] Utilisant comme indicateur la part des publications qui incluent au moins une institution internationale en tant que co-auteur.

[36] Utilisant comme indicateur la part des publications dans lesquelles l'institution concernée fait partie des affiliations du premier et/ou du dernier auteur.

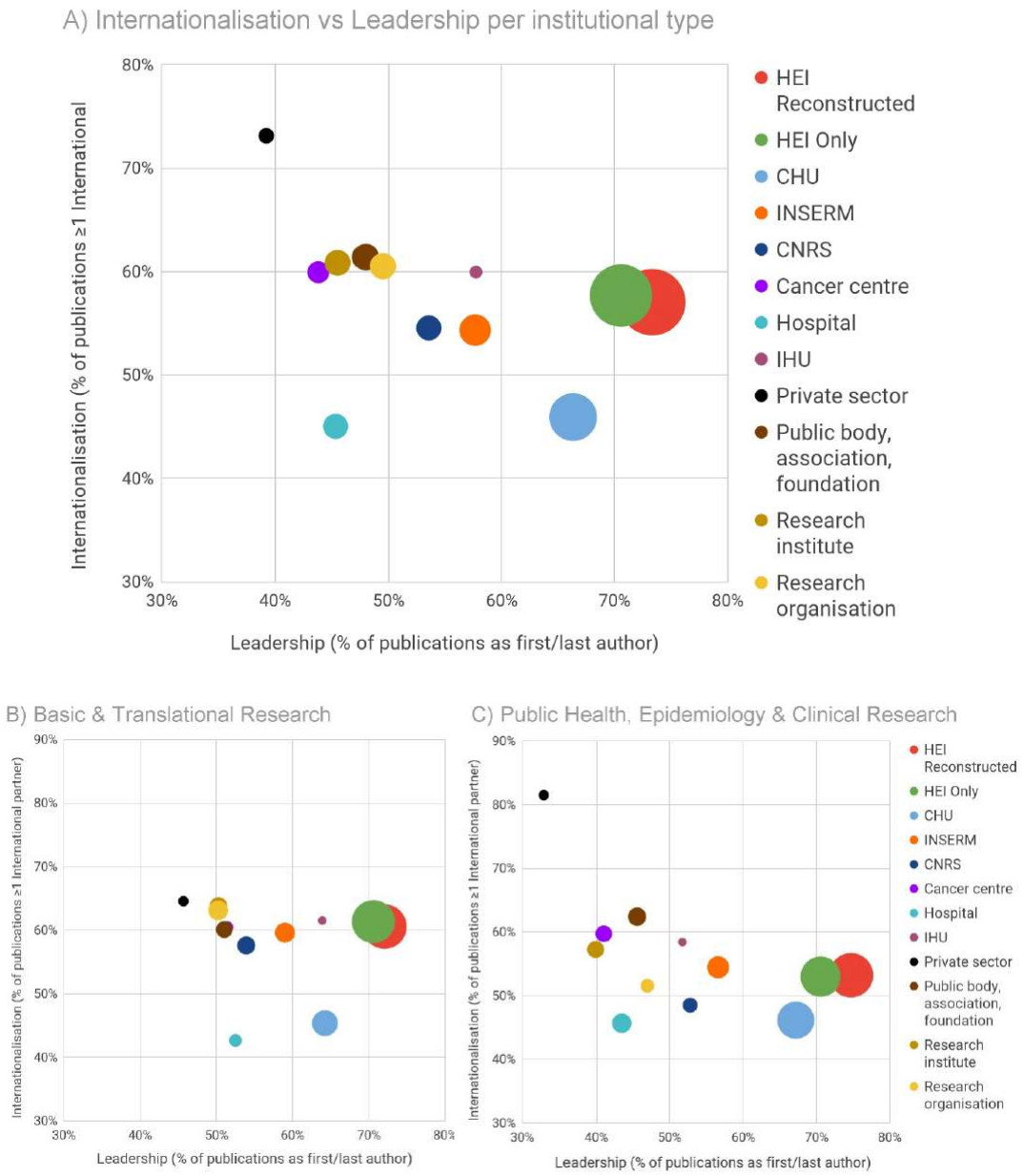


Fig. 16 Internationalisation contre leadership par type d'institution et type de recherche (2019-2020) *: pourcentage de publications avec plus d'un partenaire international contre pourcentage de publications dirigées par un chercheur français (la taille des points est relative au nombre total de documents en recherche biomédicale par type d'institution).* ***A)*** *toutes les publications ou* ***B)*** *et* ***C)*** *publications catégorisées par type de recherche. Source : SIRIS Academic, à partir d'un vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et le type de recherche (voir la section Méthodologie).*

Sans surprise, plus de **60 % de la recherche biomédicale en France provient des Universités et des CHU** : les Universités se consacrent davantage à la recherche fondamentale et translationnelle alors que les CHU consacrent environ 75 % de leurs activités de recherche à la recherche clinique.

Les CHU et les hôpitaux affichent un profil international plus faible dans le domaine de la recherche, mais aussi un leadership plus élevé, alors que les autres types d'institutions présentent une répartition relativement équilibrée du *leadership* et de l'internationalisation, montrant leur aptitude à collaborer au niveau international sans sacrifier leur capacité à diriger.

2.2. Impact scientifique et visibilité

Définir l'impact de la recherche reste généralement complexe et non consensuel. En conséquence, cette étude mesure l'impact scientifique en se concentrant sur les citations par document/publication et la capacité à publier dans des revues de premier plan du classement Scimago (étant entendu que la qualité de ces revues relève d'une *perception*). Cette étude ne prétend pas mesurer ou évaluer quoi que ce soit d'autre.

Les comportements en matière de citations sont différents selon qu'il s'agit de recherche fondamentale et translationnelle ou de recherche clinique. Dans la recherche clinique, on observe généralement une division entre les études très citées (par exemple, les grandes études cliniques collaboratives sur les principales maladies) et les recherches très peu citées (par exemple, les études de cas ou les études régionales de santé publique), tandis que la recherche fondamentale a tendance à présenter un type d'études plus uniforme. Ce modèle se reflète dans les mesures de citations que nous observons pour la recherche fondamentale et clinique dans les Universités et les CHU.

La première mesure d'impact concerne la capacité à publier dans des revues spécifiques. Bien que l'utilisation de mesures d'impact scientifique telles que la part des publications dans les meilleures revues selon le classement Scimago présente des limites[37] - en particulier lorsqu'il s'agit de comparer différents types d'institutions -, il est utile de disposer d'une ventilation de l'impact scientifique par type d'institution en comparaison avec ce qui a été observé pour l'impact scientifique global de la France.

Il convient de noter que, parmi les plus grands contributeurs à la recherche biomédicale (le groupe Universités + CHU), les CHU eux-mêmes sont ceux qui ont le plus faible pourcentage de publications dans les 10 % de revues Scimago les plus prestigieuses, peut-être en raison du type de recherche effectué (par exemple, les études de cas cliniques) (*Fig. 17*).

Puisque i) les Universités et les CHU sont les plus grands contributeurs à la recherche biomédicale en France, ii) les comparaisons de performance avec des types d'établissements très différents (avec des tailles, des missions et/ou des ressources distinctes) tels que les IHU ou les centres de lutte contre le cancer ne seraient ni fiables ni équitables. Nous avons par conséquent placé les Universités et les CHU (et l'Inserm, auquel ils sont associés), au centre de la section ci-dessous.

[37] Le SCImago Journal Rank (SJR) mesure l'influence scientifique des revues en tenant compte à la fois du nombre de citations reçues par une revue et de l'importance ou du prestige des revues d'où proviennent les citations. On peut généralement émettre les réserves suivantes : se rapportant aux revues (et non aux publications individuelles), il ne mesure pas directement l'impact scientifique d'un groupe concret de publications : il s'agit plutôt d'une mesure indirecte, par le biais des revues dans lesquelles le travail est publié. Cette dernière est notoirement plus liée à la visibilité, au prestige et à la crédibilité de l'auteur et de l'institution, voireà des sujets en vogue ou dépassés, qu'à la qualité de la recherche proprement dite) ; y-a-t-il une suite manquante à ce paragraphe ?

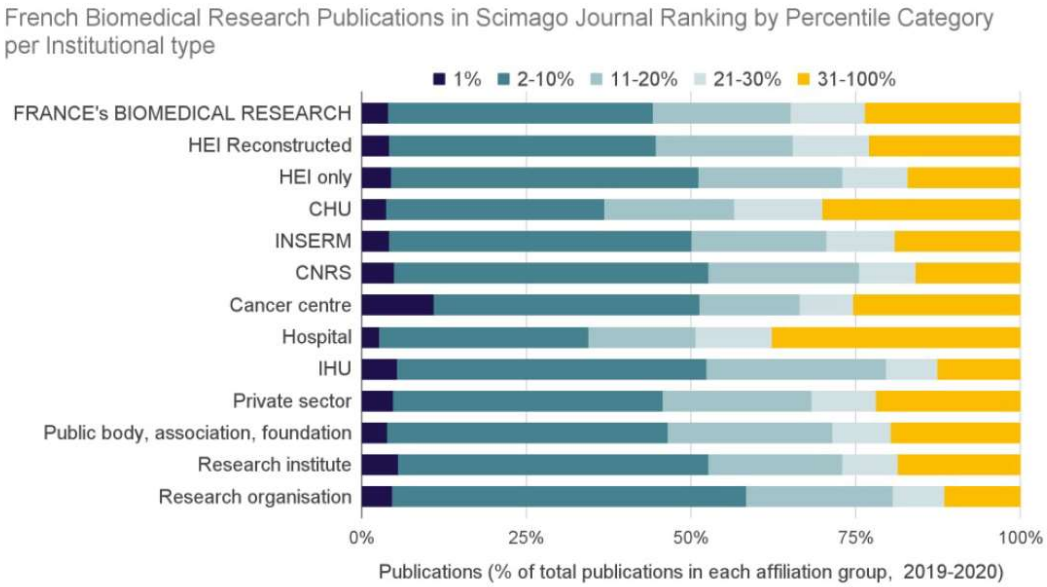


Fig. 17 Capacité de la recherche biomédicale française à publier dans les meilleures revues, par type d'institution (2019-2020) *: part des publications par citation centile de leurs revues de publication, selon le classement Scimago, par type d'institution. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et Scimago SJR.*

Pour une meilleure compréhension directe de l'impact scientifique qu'ont ces groupes, cette étude analyse également le degré de citation des publications produites par chacun d'entre eux.

Conformément à ce qui a été observé pour la mesure basée sur le Scimago Journal Ranking, **le taux de citations de la recherche en CHU est le plus faible**, avec en moyenne un nombre inférieur de citations par publication (*Fig. 18A*), et deux tiers des publications recueillant moins de 5 citations pour **les deux types de recherche** (*Fig. 18B*).

Cela indique un impact et/ou un intérêt plus faible de la part de leurs communautés de chercheurs. Comme précédemment, puisque la recherche clinique réalisée par des groupes Inserm/universitaires peut représenter différents types d'études aux comportements de citation différents, cela pourrait être dû au type d'études réalisées dans les CHU.

La recherche fondamentale et translationnelle dans les Universités et à l'Inserm obtient des mesures de citation légèrement meilleures (8,5-10,8 % des publications ont > 20 citations) que la santé publique, l'épidémiologie et la recherche clinique (7,4-7,7 % avec > 20 citations) (*Fig. 18B*).

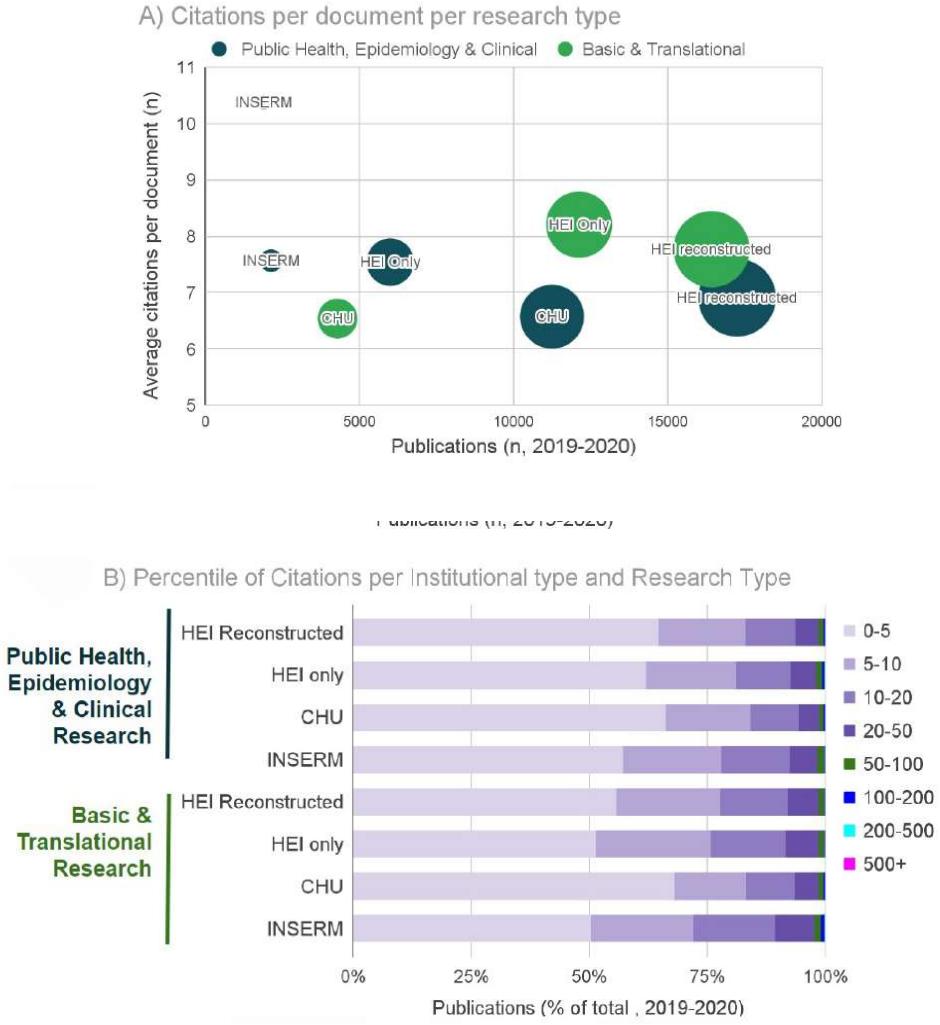


Fig. 18 Mesures de citations pour les affiliations, en France, par type de recherche (2019-2020) : A) *Citations par publication (taille du point par rapport au nombre de publications)* ***B)*** *Ensemble des publications par citation champs/centile, à la fois par type d'institution et par type de recherche (champs de citations de 0 à 500+). Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, en utilisant un vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et le type de recherche (voir la section Méthodologie).*

La performance des CHU est faible lorsque l'on mesure l'impact scientifique de leurs publications, en particulier dans le domaine de la recherche fondamentale et translationnelle, **avec des taux de citation inférieurs à ceux des Universités et de l'Inserm**. Leur faible nombre de citations en recherche fondamentale et translationnelle suggère que les CHU ne se concentrent pas sur la recherche translationnelle, même si la faiblesse de leur engagement dans ce type de recherche est attendue.

2. 3. Sujets de spécialisation des Universités et des CHU

Cette étude vise à évaluer la contribution et la performance des CHU par rapport aux Universités auxquelles ils sont associés. L'un des principaux débats en France, nourri par de récents rapports, questionne l'impact du modèle actuel des CHU non seulement sur le développement de la recherche translationnelle, mais aussi sur le type de recherche entrepris dans l'écosystème de recherche Universités-CHU-Inserm.

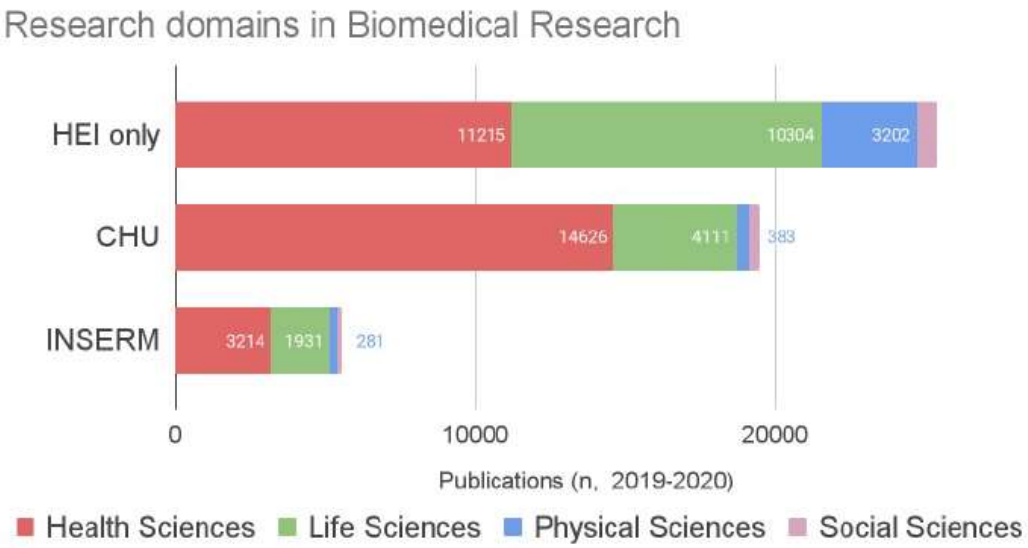
« La difficulté de mise en œuvre des recherches translationnelles en biologie-santé dans toute leur continuité, comme, celle plus générale, de mener des recherches pluridisciplinaires, n'est pas spécifique à la France. Favoriser de telles approches nécessite un travail continu, dépendant aussi bien de la volonté des personnels de la recherche de sortir du confort de leur sillon disciplinaire, que de leur formation et surtout de la structuration de la recherche et des processus d'attribution des moyens et d'évaluation »[38].

« À l'interface, la recherche translationnelle, qui doit mobiliser à la fois les connaissances fondamentales et les études cliniques et thérapeutiques relève de l'ensemble des acteurs »[39].

Cette section fournit des éléments pour répondre à trois questions :

- Où se produit la recherche multidisciplinaire ou interdisciplinaire ?
- Quels sont les sujets faisant l'objet de recherches ?
- Existe-t-il une harmonisation entre la recherche menée dans les Universités et dans les CHU?

Les Universités (EES uniquement) et les CHU présentent des profils distincts en matière d'implication dans la recherche biomédicale : les CHU se consacrent nettement moins aux sciences de la vie (seulement 1⁄4 de leur recherche), et encore moins aux sciences physiques (seulement 2 %). Les Universités abritent une recherche plus variée, multidisciplinaire et interdisciplinaire (dont 18 % de sciences physiques) (*Fig. 19*).



38 A. Migus, R. Ardaillou, P. Berche, C. Boitard, B. Clément, P. Couvreur, P. Debré, P. Netter - groupe de travail bi-académique de l'Académie nationale de pharmacie et de l'Académie nationale de médecine, « *Rapport 2107. Réformer la recherche en sciences biologiques et en santé: partie II, l'organisation* ».

39 Le rôle des CHU dans l'enseignement supérieur et la recherche médicale, Décembre 2017, Cour des comptes.

	Share of biomedical research publications (% of each institutional type)[40]		
	HEI only	CHU	Inserm
Health Sciences	62%	94%	80%
Life Sciences	57%	26%	48%
Physical Sciences	18%	2%	7%
Social Sciences	4%	2%	4%

[40] ***Fig. 19 Implication globale dans la recherche biomédicale par principales types d'institutions (2019-2020)*** *: valeurs absolues et part de chaque type d'institution dans la recherche biomédicale par* cluster *Scopus (% du total). Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, en utilisant le vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale, ainsi que sa classification dans les 5 principaux domaines du système de catégorisation de Scopus (*Cluster *- 1er niveau de la classification Scopus).*

Comparées à la base de référence nationale, les Universités sont en outre plus spécialisées[41] dans les domaines des sciences de la vie (*Fig. 20*) et plus enclines à la recherche interdisciplinaire (domaines des sciences physiques - *Fig. 21*) ; alors que les CHU sont presque exclusivement spécialisés dans les domaines des sciences de la santé (*Fig. 20*) pas particulièrement interdisciplinaires – même si leur volume de recherche en sciences sociales est plus élevé (*Fig. 21*: les points de plus grande taille représentent un volume de recherche plus important).

Il existe toutefois une exception intéressante à cette tendance : la santé publique est en réalité une spécialisation des Universités, bien qu'elle soit classée dans les sciences de la santé. Dans ce contexte, il existe clairement un écart problématique en termes de flux de recherche sur la santé, entre les écoles de santé publique et les facultés de médecine, en France comme ailleurs[42].

La recherche universitaire est plus à même d'inclure les sciences physiques (principalement la chimie, l'informatique, mais aussi la bio-ingénierie, les sciences des matériaux et les sciences de l'environnement) et les sciences cognitives, alors que la recherche biomédicale effectuée dans les CHU n'est spécialisée dans aucun domaine des sciences physiques ou sociales (*Fig. 21*).

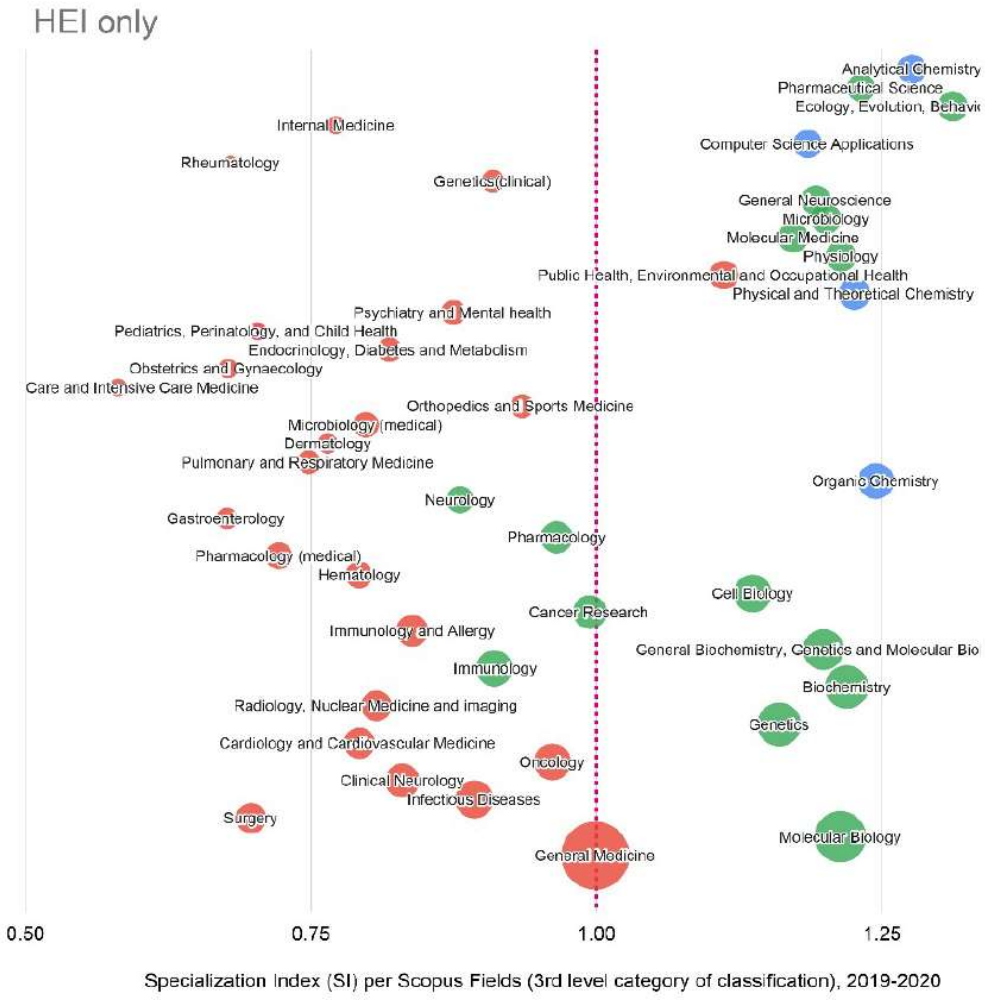
Dans l'ensemble, la spécialisation quasi exclusive dans les sciences de la santé alliée au manque d'interdisciplinarité de la recherche peut indiquer la faible capacité des CHU à mener des recherches translationnelles.

---

[40] Chaque somme pour type d'institution est supérieure à 100 % puisque chaque journal, et donc les publications dans la base de données Scopus, peut appartenir à plus d'un domaine. Cette note est attachée à l'illustration dans l'original.

[41] Seuls les domaines prédominants de Scopus (avec environ > 500 publications en sciences de la santé et en sciences de la vie, et > 100 en sciences physiques) ont ici été analysés pour composer le modèle de spécialisation par domaine pour les « EES uniquement » et les « CHU », l'objectif étant d'avoir une vue globale de la façon dont les deux types d'institutions se comparent.

[42] Ruis, A R. MA; Golden, Robert N. MD. The Schism Between Medical and Public Health Education: A Historical Perspective. Academic Medicine 83(12):p 1153-1157, Décembre 2008. | DOI : 10.1097/ACM.0b013e31818c6583


HEI only
Analytical Chemistry
Pharmaceutical Science
Ecology, Evolution, Behavi
Internal Medicine
Computer Science Applications
Rheumatology
Genetics(clinical)
General Neuroscience
Microbiology
Molecular Medicine
Physiology
Public Health, Environmental and Occupational Health
Physical and Theoretical Chemistry
Psychiatry and Mental health
Pediatrics, Perinatology, and Child Health
Endocrinology, Diabetes and Metabolism
Obstetrics and Gynaecology
Care and Intensive Care Medicine
Orthopedics and Sports Medicine
Microbiology (medical)
Dermatology
Pulmonary and Respiratory Medicine
Organic Chemistry
Neurology
Gastroenterology
Pharmacology
Pharmacology (medical)
Hematology
Cell Biology
Cancer Research
Immunology and Allergy
General Biochemistry, Genetics and Molecular Bio
Immunology
Biochemistry
Radiology, Nuclear Medicine and Imaging
Genetics
Cardiology and Cardiovascular Medicine
Oncology
Clinical Neurology
Infectious Diseases
Surgery
Molecular Biology
General Medicine
0.50
0.75
1.00
1.25
Specialization Index (SI) per Scopus Fields (3rd level category of classification), 2019-2020

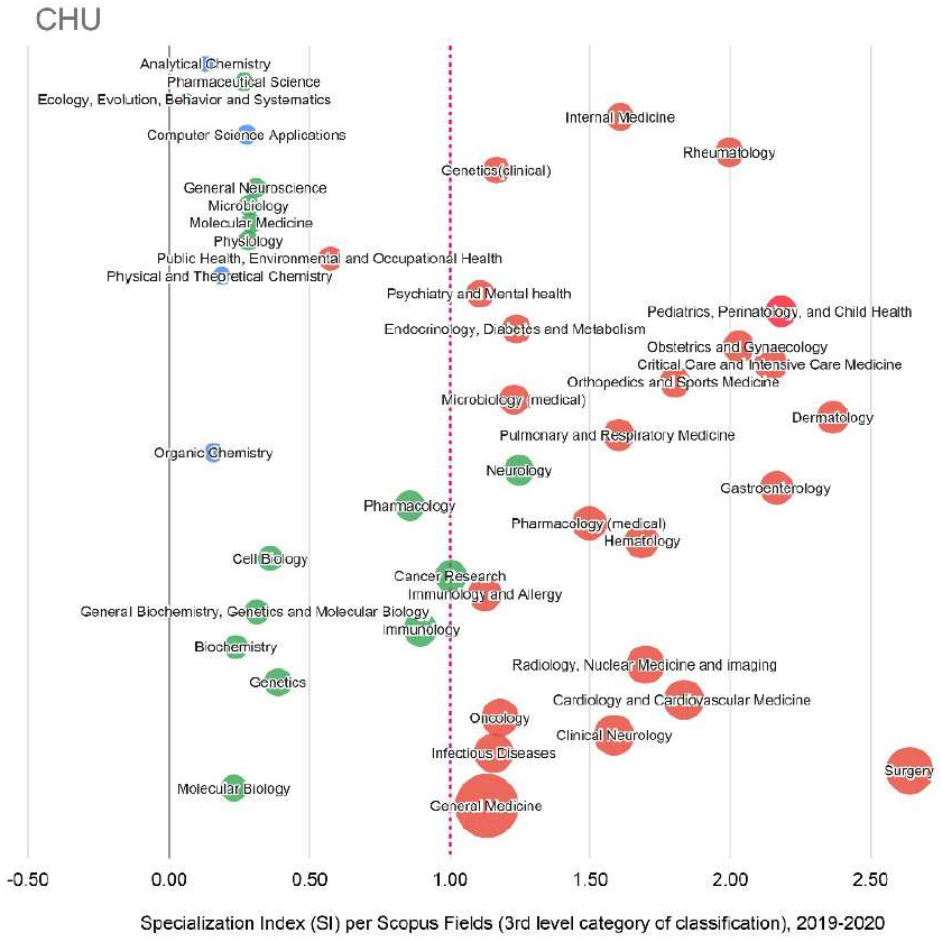
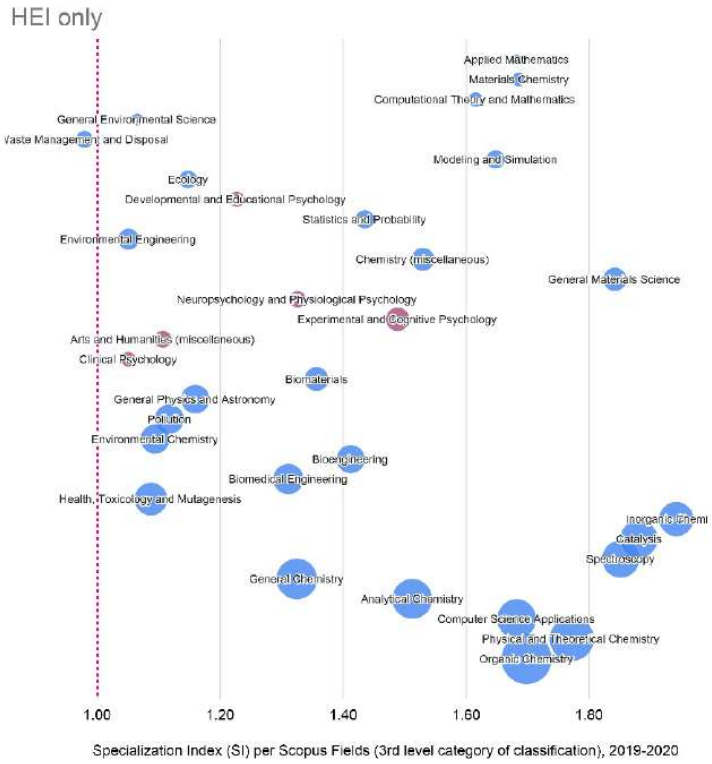


Fig. 20 Indice de spécialisation de la recherche biomédicale dans les principaux domaines Scopus *(> 530 publications)* ***<u>uniquement pour les EES et CHUs</u>****, dans tous les domaines scientifiques : base de référence* ***France****, taille des points par rapport au nombre de publications en 2019 – 2020. Source : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et le système de catégorisation Scopus (Clusters, 1er niveau de la classification Scopus ; Champs, 3ème niveau de la classification Scopus).*

Source: SIRIS Academic, using ad-hoc vocabulary for Biomedical research and Scopus categorization system (Clusters - 1st level of Scopus classification, and Fields - 3rd level of Scopus classification.



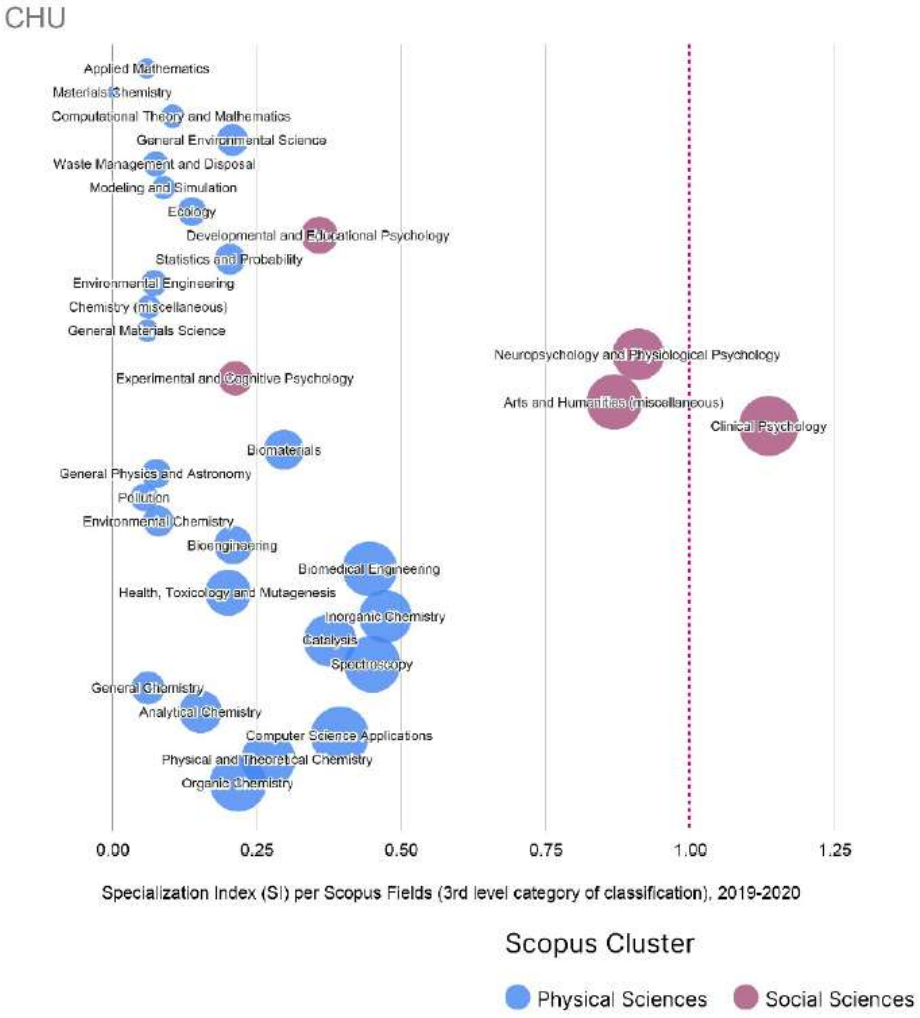


Fig. 21 Indice de spécialisation de la recherche biomédicale dans les principaux champs Scopus *(>100 publications)* ***pour les EES et les CHU, <u>uniquement en sciences physiques et sociales</u>*** *: référence de base* ***France****, taille des points par rapport au nombre de publications en 2019 - 2020. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire* ad hoc *pour la recherche biomédicale et la catégorisation Scopus (Clusters - 1er niveau de la classification Scopus ; Champs - 3ème niveau de la classification Scopus). Un SI1 signifie que le type d'institution est en moyenne aussi spécialisé que l'ensemble de la France ; un SI autour de 2 signifierait qu'il est deux fois plus spécialisé que l'ensemble de la France.*

Les Universités et les CHU présentent un schéma assez similaire de production de recherche pour les groupes de maladies précédemment identifiés comme forts en France (*Fig. 22*). Il est néanmoins intéressant de noter qu'il existe un pourcentage raisonnable de recherche sur les maladies dans les Universités (EES uniquement).

Dans ces domaines, les CHU contribuent légèrement plus aux maladies cardiovasculaires et hémato-lymphatiques, une tendance probablement liée au contexte clinique (*Fig. 22*).

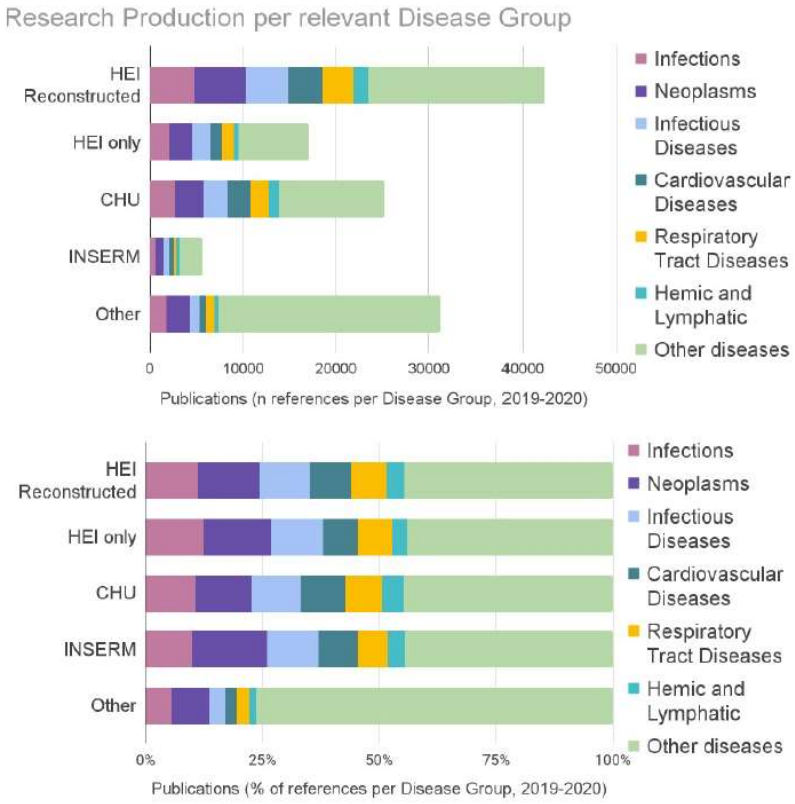


Fig. 22 Production de la recherche biomédicale par domaine pathologique et par type d'institution (2019 – 2020) *: **A)** nombre total de références à des groupes de maladies dans les publications par type d'institution ; **B)** pourcentage de références à des groupes de maladies dans les publications par type d'institution. Source : SIRIS Academic : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire ad hoc pour la recherche biomédicale et de la taxonomie_MeSH NIHNLM - en particulier les termes MeSH que l'on trouve dans la branche CDiseases and F03Mental Disorders de la taxonomie MeSH NIH-NLM). Les documents peuvent être classés dans plusieurs groupes de maladies (par exemple, la recherche sur l'asthme sera classée comme une maladie immunitaire et respiratoire).*

L'analyse de l'impact scientifique de la recherche sur les groupes de maladies par les différents types d'institutions (*tableau 2*) fait ressortir les éléments suivants (en se concentrant ici sur les principaux contributeurs tels les CHU et l'Inserm) :

○ Malgré des mesures d'impact scientifique globalement plus faibles, les CHU produisent en réalité une part plus élevée de leurs publications sur ces maladies majeures dans le Top 1-10%, par rapport aux EES. Cela semble caractéristique et probablement dû à la qualité et/ou à l'impact élevé de la recherche clinique menée dans les CHU sur ces maladies majeures.

○ Les CHU et l'Inserm affichent la plus forte proportion de publications dans le Top 2-10% Scimago des maladies cardiovasculaires et des infections ; les publications de l'Inserm ont l'impact scientifique le plus élevé dans les domaines des tumeurs et des maladies du système nerveux.

○ Tous les groupes ont une contribution raisonnable dans les publications dans le Top 1-10% dans les maladies infectieuses et le cancer (néoplasmes).

○ Dans les domaines où les CHU produisent davantage, et où il y a une part importante de publications dans les revues de premier rang Top 1-10% (maladies cardiovasculaires, hématologiques et lymphatiques), on trouve une part importante de recherche dans les revues de second rang Top 31-100%. Cela suggère une variabilité importante en termes de reconnaissance de la recherche des CHU. Ce n'est pas le cas, pour les mêmes domaines, pour la recherche provenant de l'Inserm, par exemple, davantage publiée dans des revues de premier plan.

		Publications in Scimago Journal Rankings Percentiles (% off institutional type total)				
Disease Group	**Institutional type**	**1%**	**2-10%**	**11-20%**	**21-30%**	**31-100**
Cardiovascular Diseases	HEI Reconstructed	0.5%	4.1%	1.9%	1.6%	2.9%
	HEI Only	0.4%	2.9%	1.3%	0.9%	1.4%
	CHU	0.7%	5.4%	2.6%	2.4%	4.7%
	Inserm	0.8%	4.9%	2.1%	1.9%	1.2%
	Other	0.2%	2.0%	0.8%	0.6%	1.6%
Hemic and Lymphatic Diseases	HEI Reconstructed	0.2%	1.7%	1.0%	0.6%	1.4%
	HEI Only	0.2%	1.1%	0.6%	0.3%	0.7%
	CHU	0.3%	2.3%	1.4%	1.0%	1.6%
	Inserm	0.4%	2.3%	1.0%	0.5%	0.6%
	Other	0.2%	1.1%	0.6%	0.3%	0.8%
Infections	HEI Reconstructed	0.5%	5.7%	3.1%	1.5%	3.0%
	HEI Only	0.4%	5.2%	2.7%	1.0%	2.1%
	CHU	0.6%	6.3%	3.5%	2.0%	3.1%
	Inserm	0.5%	6.4%	3.2%	1.4%	1.3%
	Other	0.4%	4.1%	2.9%	0.7%	2.0%
Neoplasms	HEI Reconstructed	1.0%	5.8%	3.1%	1.9%	4.5%
	HEI Only	0.9%	5.9%	2.5%	1.4%	2.9%
	CHU	1.1%	5.7%	3.8%	2.5%	4.8%
	Inserm	1.2%	9.7%	4.5%	2.3%	3.3%
	Other	1.6%	6.9%	3.2%	1.8%	4.8%
Nervous System Diseases	HEI Reconstructed	0.5%	4.8%	2.7%	1.8%	3.6%
	HEI Only	0.4%	4.4%	2.2%	1.2%	2.2%
	CHU	0.5%	5.2%	3.2%	2.6%	3.7%
	Inserm	0.5%	7.4%	2.8%	1.6%	1.8%
	Other	0.3%	2.2%	1.1%	0.8%	1.7%
Respiratory Tract Diseases	HEI Reconstructed	0.4%	3.6%	1.9%	1.0%	2.5%
	HEI Only	0.4%	2.8%	1.4%	0.7%	1.7%
	CHU	0.5%	4.6%	2.5%	1.5%	2.8%
	Inserm	0.4%	3.7%	2.0%	0.9%	1.2%
	Other	0.4%	2.2%	1.1%	0.4%	1.3%
Other Diseases	HEI Reconstructed	4.0%	39.8%	20.5%	11.4%	22.4%
	HEI Only	4.4%	45.9%	21.6%	9.9%	16.6%
	CHU	3.5%	32.6%	19.3%	13.3%	29.2%
	Inserm	4.1%	45.2%	20.1%	10.3%	18.6%
	Other	4.8%	44.1%	20.9%	7.3%	19.6%

Tableau 2. Pourcentage de publications d'un groupe de maladies dans sa catégorie centile de revue, selon le classement du Scimago Journal, sur le total des publications de recherche biomédicale de chaque type d'institution (2019-2020). *Source : SIRIS Academic, utilisant le vocabulaire ad hoc pour la recherche biomédicale et de la taxonomie MeSH NIH-NLM - en particulier les termes MeSH que l'on peut trouver dans la branche CDiseases and F03Mental Disorders de la taxonomie MeSH NIH-NLM. Les documents peuvent être classés dans plusieurs groupes de maladies (par exemple, la recherche sur l'asthme sera classée comme une maladie immunitaire et respiratoire).*

Les Universités et les CHU présentent des tendances de spécialisation différentes : **les Universités se spécialisent davantage dans les sciences de la vie et sont plus enclines à la recherche interdisciplinaire** (principalement dans les domaines des sciences physiques), **alors que les CHU se spécialisent principalement dans les domaines des sciences de la santé**.

Les CHU présentent un volume de recherche par groupe de maladies proportionnellement plus élevé que les autres organisations. Notons que, bien que produisant davantage en recherche fondamentale et translationnelle, les groupes universitaires ont un pourcentage raisonnable de recherche sur les maladies, probablement dans les domaines des bases moléculaires des maladies ou des modèles de maladies.

Dans la recherche sur ces grands groupes de maladies **les CHU ont en réalité une part plus élevée de leurs publications dans le Top 1-10 % par rapport aux Universités,** et ce malgré leur impact scientifique globalement plus faible dans la recherche fondamentale et clinique.

On trouve de légères différences en termes de spécialisation par groupe de maladies entre les principaux types d'institutions : les CHU et l'Inserm affichent la plus forte proportion de publications dans le Top 2-10% Scimago dans les domaines des maladies cardiovasculaires et des infections ; tandis que les publications de l'Inserm ont l'impact scientifique le plus élevé dans les domaines des néoplasmes et des maladies du système nerveux. **Enfin, toutes les institutions (CHU, Universités, Inserm et autres) sont équitablement spécialisées au niveau national dans les maladies infectieuses et le cancer**, avec une contribution raisonnable dans les publications dans le Top 1-10%.

Méthodologie de l'analyse bibliométrique

Ce rapport s'appuie exclusivement sur des données et informations bibliométriques extraites des bases de données Pubmed et Scopus pour la période 2010-2020. Les périodes 2015-2020 et 2019-2020 ont été choisies en fonction des questions abordées et des limites de l'analyse effectuée (en termes de volume d'informations).

Comment identifier le domaine biomédical

Les catégorisations actuelles utilisées pour analyser la recherche biomédicale limitent souvent la portée du domaine biomédical. Par exemple, l'utilisation du groupe « Sciences de la santé » de Scopus exclura les domaines pertinents attribués aux « Sciences de la vie », tels que l'immunologie ou la biologie moléculaire. De même, la base de données Pubmed comprend d'autres domaines des sciences de la vie, étroitement liés, mais pas strictement biomédicaux.

Pour dépasser ces limites, cette étude s'appuie sur des techniques sémantiques *ad hoc*. Elles

sont chronophages et nécessitent la validation d'un expert, mais permettent d'espérer une compréhension plus précise du domaine observé.

Dans ce contexte, et dans la mesure du possible, nous avons utilisé deux vocabulaires contrôlés VOC[43] pour identifier la recherche biomédicale, puis pour séparer la recherche fondamentale et translationnelle de la recherche plus appliquée.

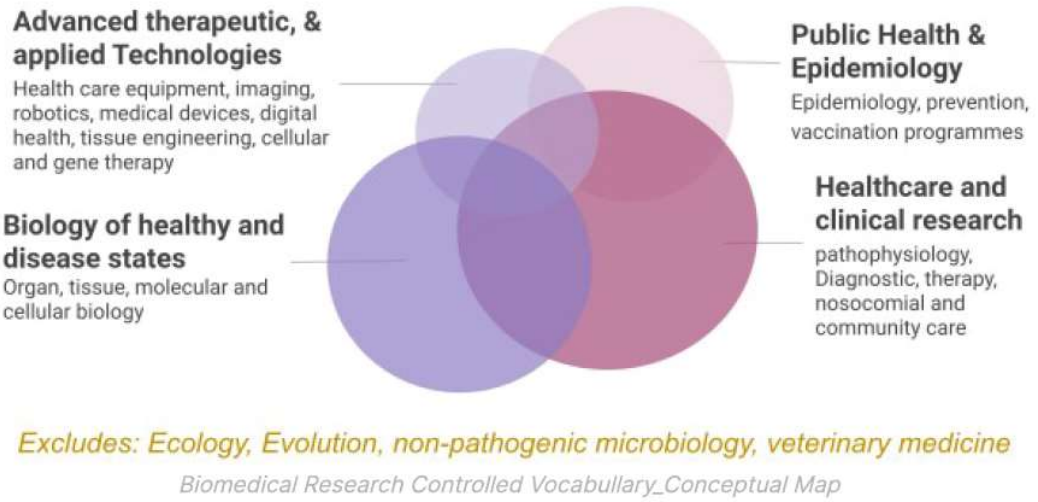
Le vocabulaire contrôlé de la recherche biomédicale

Nous avons utilisé pour cette étude le vocabulaire contrôlé développé par SIRIS, qui englobe tout le spectre du domaine biomédical, de la recherche fondamentale sur les bases cellulaires de la santé et de la maladie à la recherche clinique classique et à l'épidémiologie. Il présente l'avantage d'exclure certains aspects des sciences de la vie tels que l'écologie et les études sur l'évolution (voir la visualisation ci-dessous).

Qu'est-ce qu'un Vocabulaire contrôlé (VOC) ?

Les VOC spécifiques aux sciences biomédicales ont été créés par SIRIS Academic avec des experts de terrain. Initialement, on définit une carte conceptuelle qui décrit le périmètre à inclure dans un vocabulaire donné. En règle générale, les vocabulaires contrôlés sont composés d'une liste de termes univoques représentant pleinement un domaine ; dans les domaines de la recherche biomédicale, ils sont basés sur des mots-clés spécifiquement sélectionnés à partir d'un thésaurus existant : la Taxonomie MeSH. Le titre, le résumé et/ou les mots-clés de l'auteur des publications sont ensuite analysés à l'aide du vocabulaire afin de déterminer s'ils se rapportent ou non au domaine étudié. Afin de minimiser les erreurs, les vocabulaires sont soumis à plusieurs séries de tests liés à des itérations (ordinairement entre cinq et dix), afin d'obtenir des performances de qualité : 5 % de faux positifs, 1 % de faux négatifs.

Le vocabulaire de la recherche biomédicale utilisé dans cette étude est composé de > 36 000 termes.



Vocabulaire contrôlé de la recherche biomédicale_Carte conceptuelle

Ce périmètre est également le plus proche du domaine de la « Biologie-Santé » ou « biomédicale » (contre « médicale ») en France. Ce vocabulaire contrôlé a été utilisé pour filtrer Pubmed et créer un *corpus* précis de publications sur la recherche biomédicale pour la France et les points de référence, ensuite utilisé dans les analyses.

Pour certaines analyses qui ne permettaient pas d'utiliser notre VOC Recherche biomédicale, nous avons délimité le périmètre en utilisant une sélection spécifique de Scopus Health and Life Sciences Areas[44], pour nous rapprocher plus possible de notre périmètre. Nous avons utilisé :

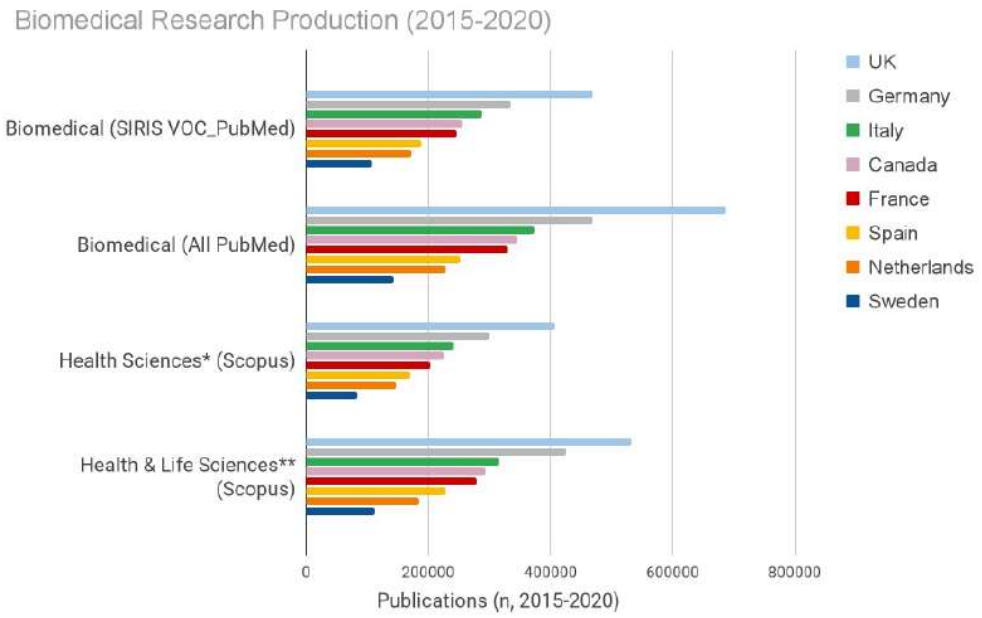
o Pour les sciences de la santé, les domaines : Médecine, Pépinière, Odontologie, Professions de santé (hors Vétérinaire).

o En Sciences de la Vie, les domaines : Biochimie, génétique et biologie moléculaire, immunologie et microbiologie, neurosciences et pharmacologie, toxicologie et pharmacie (à l'exclusion des sciences agricoles et biologiques).

Le graphique suivant présente une comparaison entre les différentes sources de données et approches de délimitation de la recherche biomédicale, montrant, même si elles ne sont pas totalement équivalentes, qu'elles sont comparables en termes de tendances et d'ampleur.

Pour cette étude, nous avons principalement utilisé le classement SIRIS pour les publications de recherche biomédicale (en appliquant notre VOC de recherche biomédicale) à la base de données PubMed. Lorsque cela n'a pas été techniquement possible, nous avons recouru aux domaines sélectionnés de Scopus Health & Life Sciences.

44 What are Scopus subject area categories and ASJC codes? (elsevier.com)



Comparaison entre le nombre de publications identifiées par différentes approches et bases de données, pour différents pays (2015-2020).

* Domaines sélectionnés des sciences de la santé : Médecine, soins infirmiers, dentisterie, professions de santé. ** Domaines sélectionnés des sciences de la vie et de la santé : Médecine, soins infirmiers, dentisterie, professions de santé, biochimie, génétique et biologie moléculaire, immunologie et microbiologie, neurosciences et pharmacologie, toxicologie et pharmacie.

Le vocabulaire contrôlé de la recherche fondamentale et translationnelle par rapport à la recherche appliquée

Pour cette étude, un second vocabulaire contrôlé SIRIS a été appliqué afin de distinguer la recherche fondamentale et translationnelle d'une part, et la santé publique, l'épidémiologie et la recherche clinique d'autre part. Cette distinction était pertinente pour deux raisons :

i. Les comportements de publication et des mesures de citation de ces deux types de recherche sont distincts ; la différenciation et la séparation des publications dans ces deux grandes catégories nous permettent de faire des comparaisons plus justes et plus précises pour le même type de recherche ;

ii. La perception d'un retard français dans sa capacité à faire de la recherche translationnelle ; avec cet outil, nous pouvons essayer de répondre à ce sentiment dans le cadre de l'analyse présentée dans cette étude.

Ce vocabulaire identifie, dans l'ensemble des publications, celles qui sont liées à la santé publique, à l'épidémiologie et à la recherche clinique, et, par exclusion, considère les publications restantes comme relevant de la recherche translationnelle et fondamentale. Cette distinction est basée sur des critères et des thèmes présentés ci-dessous.

Pour cette étude, nous avons appliqué ce vocabulaire à l'ensemble des publications de la recherche biomédicale, pour la France et les points de référence, ainsi qu'à celles identifiées pour chaque type d'institution, selon les besoins de chaque question à traiter.

Public Health, Epidemiology and Clinical Research	Translational and Basic Research
✓ Clinical trials ✓ Research regarding patients treatment protocol ✓ Research implicating patients directly ✓ Research with patient samples as central feature (genetics of disease, biomarkers, prognostic markers, diagnostic from the application point-of-view) ✓ Epidemiology, Global Health & Public Health ✓ Medical guidelines ✓ Mental Disorders ✓ Cultural/socioeconomic impact on Health ✓ Health Literacy, Health promotion & QOL ✓ Health Education ✓ Health Policy	✓ Study of processes or diseases with the *intent to treat* ✓ Drug and vehicle development (since they have a therapeutic target) ✓ Preclinical models (including advanced ones like sheep and pig) ✓ With patients samples only as proof of concept, as in tumor samples/biobank usage which is not central to the paper; or to establish research pre-clinical models (*e.g* cell lines, organoids) ✓ Tissue, Cellular & Molecular basis of disease ✓ Tissue, Cellular & Molecular understanding of biological mechanisms ✓ Development of applied techniques - at protein, chemistry, molecular, or cellular level

Analyse des thèmes biomédicaux

Basé sur les codes de classification des revues scientifiques de Scopus ASJC

Scopus utilise un système de classification (ASJC) qui organise et hiérarchise la recherche en grands domaines et sous-thèmes. Ce système est basé sur l'auto-description des revues, chaque revue pouvant appartenir à plus d'une catégorie.

Les catégories de sujets Scopus organisent les documents publiés en *clusters* plus vastes (1er niveau), en domaines (2e niveau) et en champs (3e niveau).

Les publications analysées dans cette étude sont : i) soit toutes les recherches produites par un pays ou un groupe, ii) toutes les recherches biomédicales identifiées par le vocabulaire contrôlé SIRIS, ou ii) tout sous-groupe spécifique de publications. Elles auront été classées par Scopus dans l'ASJC, nous permettant ainsi d'exploiter cette information pour analyser l'affectation et la spécialisation de la recherche d'un groupe donné.

Cluster	Areas	Fields (e.g. Immunology & Microbiology)
Health Sciences	Dentistry	
	Health Professions	
	Medicine	
	Nursing	
	Veterinary	
Life Sciences	Agricultural and Biological Sciences	*General Immunology and Microbiology* *Immunology and Microbiology (miscellaneous)* *Applied Microbiology and Biotechnology* *Immunology* *Microbiology* *Parasitology* *Virology*
	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	
	Immunology and Microbiology	
	Neuroscience	
	Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	
Physical Sciences	Chemical Engineering	
	Chemistry	
	Computer Science	
	Earth and Planetary Sciences	
	Energy	
	Engineering	
	Environmental Science	
	Materials Science	
	Mathematics	
	Physics and Astronomy	
Social Sciences	Arts and Humanities	
	Business, Management and Accounting	
	Decision Sciences	
	Economics, Econometrics and Finance	
	Psychology	
	Social Sciences	
Multi- disciplinar	Multidisciplinary	

Basé sur la taxonomie MeSH

Le thésaurus MeSH (Medical Subject Headings) est une taxonomie arborescente hiérarchisée, gérée par la National Library of Medicine de la NIH. Il est utilisé pour l'indexation, la catégorisation et la recherche d'informations biomédicales et de celles liées à la santé.

Les rubriques MeSH sont utilisées par MEDLINE/PubMed, le catalogue de la NLM et d'autres bases de données NLM (tel Clinicaltrials.gov). Chaque entrée de document se voit attribuer un ensemble de termes MeSH qui décrivent le contenu du document (à l'instar des « mots-clés de l'auteur »).

La taxonomie MeSH permet de classer les publications dans des groupes de maladies en fonction de la présence de termes MeSH dans les rubriques C :1-26 Maladies et F01 : Troubles mentaux. Puisque chaque publication peut être associée à plusieurs termes MeSH, une même publication peut donc être affectée à plusieurs groupes de maladies (par exemple, une publication sur le cancer du poumon appartient à la fois à C01 : Neoplasm et à C08 : Respiratory tract diseases).

Principaux indicateurs bibliométriques utilisés

La liste des principaux indicateurs utilisés au long de cette étude, ainsi que leur pertinence est la suivante :

○ La part des publications par centile de son journal de publication selon le Scimago Journal Ranking (SJR) : le pourcentage de publications d'une institution qui se rapporte à des centiles spécifiques (Top 1%, Top 10%, etc) du Scimago Journal Ranking. Le SJR mesure l'influence scientifique des revues scientifiques et tient compte à la fois du nombre de citations reçues par une revue et de l'importance ou du prestige des revues d'où proviennent les citations. Cette valeur numérique représente le nombre moyen de citations pondérées reçues au cours d'une année donnée, par document publié dans cette revue au cours des trois années précédentes, tel qu'indexé par Scopus (voir https://www.scimagojr.com/files/SJR2.pdf)

○ Les citations par article : le nombre de citations par document. Le nombre de citations par document est une autre mesure de l'impact scientifique. Il indique l'impact et de la qualité du travail scientifique effectué, ainsi que son intérêt pour la communauté.

○ La part des publications dans le Nature Index (NI) : le pourcentage de publications d'une institution qui ont été publiées dans les revues prises en compte pour cet indice. Bien qu'il soit biaisé en faveur des grandes institutions, le Nature Index se définit lui-même comme un indicateur de performance de la recherche. Les mesures de nombre et de part utilisées pour classer les listes du Nature Index sont basées sur la production de publications d'une institution ou d'un pays dans 82 revues de sciences naturelles, sélectionnées sur la base de leur réputation par un panel indépendant de scientifiques de premier plan (voir Natureindex.com). Les revues représentées par le NI étant principalement des revues de recherche fondamentale, cette mesure a été uniquement utilisée ici pour évaluer la recherche fondamentale et translationnelle.

○ L'Indice de Spécialisation (SI) : Parce qu'il s'agit d'un indice, l'IS est calculé pour une base de référence spécifique (dans cette étude, pour la partie 1, l'IS de la France a été établi par rapport à l'UE27+RU et à un ensemble de pays définis ; pour la partie 2, l'IS des types d'institutions a été établi par rapport à l'ensemble de la France). Un IS=1 signifie que la France, ou le groupe, est spécialisé en moyenne comme la base de référence (c'est-à-dire que la recherche montre un niveau de spécialisation plus élevé que la base de référence à laquelle elle est comparée) ; un IS autour de 2 signifierait qu'ils sont deux fois plus spécialisés que la base de référence (par exemple : spécialisation de la France dans les sciences de la santé par rapport à l'UE27 SI France = (#PubsHealth_France / Total Pubs France) * (Pubs Total UE27 / #PubsHealth_EU27).