

Les grands enjeux et défis

R&D

France - Europe - Monde

2022 - 2030



+ 100 graphiques
commentés
sur la R&D
dans le monde

Document pédagogique

réalisé par



CLUB DE PARIS
DES DIRECTEURS
DE L'INNOVATION

avec le support de



EUROPEAN INSTITUTE
FOR CREATIVE STRATEGIES
& INNOVATION



Introduction

Ce document à but pédagogique vise à faciliter la compréhension des activités de R&D dans le monde dans une période où elles sont face à des défis considérables.

Il privilégie la présentation graphique commentée, qui en facilite la consultation en la rendant plus attractive pour un sujet quelque peu ardu. Les illustrations, tableaux et graphiques sont extraits d'une cinquantaine d'études et analyses les plus récentes en provenance des meilleures sources internationales.

Des liens hypertexte, activés dans la version en ligne du document en accès libre* permettent d'accéder directement aux études primaires auxquelles il est conseillé de se reporter pour aller plus loin dans l'analyse.

Le document porte sur une étude multicritère de l'évolution de la R&D dans le monde avec un parcours des étapes du processus d'innovation et de leur dimension économique, en allant de la recherche académique à la production et aux échanges internationaux de produits et services de haute technologie. Il permet de mieux situer les positions relatives des différents pays, notamment Etats-Unis, Chine, Japon, Corée versus Europe et France.

* Accès à la version en ligne <https://www.directeur-innovation.com/download/17944/>

Table des matières

Parties	pages
1 Editorial : Grands enjeux et défis R&D 2022 -2030	5
2 Evolution du processus de R&D	19
3 Répartition et évolution internationale de la R&D	27
4 Répartition et évolution des publications scientifiques	39
5 Répartition et évolution des dépôts de brevets	51
6 Répartition et évolution sectorielle de la R&D	59
7 Financement des activités de R&D des entreprises	67
8 Répartition et évolution des activités de R&D des entreprises	79
9 Le cas particulier de la R&D des GAFA	89
10 Répartition - évolution des activités de R&D des entreprises européennes	97
11 Evolution de la répartition des industries de haute technologie	105
12 Le commerce extérieur des produits de haute technologie	109
13 L'accès aux nouvelles technologies par les RTO	113
14 Les RTO françaises	121

1

Grands enjeux et défis R&D

2022 – 2030

Les défis majeurs auxquels doit faire face notre société se sont multipliés au cours de ces dernières années. Leur ampleur, leur urgence, leur simultanéité et leurs interactions débouchent sur une prise de conscience d'un problème global d'une gravité sans précédent historique.

De nombreux problèmes à résoudre

Le défi écologique est le plus systémique avec, au cœur, le réchauffement climatique, qui menace de plus en plus les grands équilibres de la planète, mais aussi les niveaux de pollution de l'air et des océans, la chute de la biodiversité et l'épuisement de ressources naturelles clefs.

D'autres risques majeurs persistent, notamment :

- La prévention des pandémies, qui nécessitent des actions concertées, qui ont fait défaut lors de la pandémie du Covid-19, non encore terminée,
- Les formes de plus en plus sophistiquées de cyberattaques, de coûts croissants et de moins en moins assurables qui se multiplient à travers le monde,
- Le risque de crise financière globale qui reste une menace grandissante dans un monde au surendettement hors de contrôle,
- La situation géopolitique globale qui reste tendue et pourrait s'exacerber dans un monde où la coopération est battue en brèche par les affrontements impérialistes et la montée des nationalismes.

Par ailleurs, des transformations durables de l'humanité, comme le vieillissement de la population, les perspectives de retournement de la démographie, la poursuite de l'urbanisation, entraînent des besoins et attentes nouvelles. Enfin, des mouvements de fond traversent la société, elle aussi fragmentée, inquiète et parfois même désenchantée, dont les souhaits, désirs et idéaux évoluent, avec notamment un besoin d'innovations répondant plus aux attentes profondes des individus, plus humanistes, et moins techno-centrées.

Face à ce pack de problèmes imbriqués à résoudre, il est bien difficile de prioriser les actions et de définir une feuille de route stable. Les objectifs et les transitions concertées doivent fréquemment être reprogrammées, du fait des retards pris et de l'irruption d'évènements majeurs non prévisibles. Cela a été le cas avec la pandémie du Covid-19, qui a mis au ralenti pendant 2 ans l'activité de plus de la moitié de la population mondiale.

Aujourd'hui, c'est la guerre en Ukraine, aux multiples conséquences géopolitiques, économiques et stratégiques et à l'issue incertaine, qui bouleverse complètement et durablement le marché de l'énergie avec une explosion des coûts et qui déstabilise l'économie européenne.

Dans ce contexte, l'Europe a pris conscience de sa dépendance technologique et industrielle qui menace ses intérêts vitaux dans un monde fracturé. De plus, avec une guerre sur son territoire, elle s'est retrouvée brutalement face au problème aigu de sa dépendance énergétique et de l'insuffisance de sa capacité de défense.

Cet inventaire n'est certes pas très optimiste, mais les problèmes ne peuvent être résolus s'il y a déni sur leur réalité. Pour les aborder dans leur ensemble, les institutions internationales (ONU, IAE, CEE...), ainsi que les grands acteurs économiques (entreprises industrielles, banques, assureurs, les analysent globalement en termes de megatrends, grandes transitions et risques majeurs¹.

Les horizons actuels

Un court terme incertain à cause du conflit en Ukraine

« Il est urgent d'agir » est aujourd'hui un leitmotiv commun à pratiquement toutes les déclarations sur les grands enjeux déjà évoqués. Et de fait d'importantes décisions ont été déjà prises au niveau européen sur la programmation de la sortie des énergies fossiles et le développement durable, plus contraignantes que dans d'autres pays. Une réglementation en avance sur les solutions alternatives, qui a accéléré les travaux de R&D.

Mais la violente crise énergétique actuelle, liée en grande partie à la stratégie de la Russie entraîne maintenant aussi des décisions visant à maintenir l'approvisionnement de l'Europe en énergie fossile et à en maîtriser les coûts. Elles interviennent de façon paradoxale et parfois contradictoire avec les précédentes sur la sortie des énergies non renouvelables et elles dureront tant que la fin du conflit et ses conséquences exactes ne seront pas connues.

Dans l'immédiat, la recherche très rapide de solutions sur toutes les formes d'économies dans la consommation énergétique incluant les non renouvelables s'est donc rajoutée aux objectifs à plus long terme.

Les autres grands enjeux d'innovation sont bien sûr toujours aussi importants mais ils sont de fait mis un peu au second plan, certains étant d'ailleurs affectés par l'explosion des coûts énergétiques qui impacte tous les secteurs.

L'objectif commun : 2030

A moyen terme, c'est 2030 qui est l'objectif de pratiquement tous les plans d'action structurés, avec budgets et feuilles de route. C'est la date des 17 grands objectifs internationaux (SDGs) qui couvrent tous les grands thèmes du développement humain durable, sur lesquels se sont accordés pratiquement tous les pays, des centaines d'ONG et des milliers d'entreprises internationales.

C'est le plan le plus complet et plus suivi au niveau international, car il vise à apporter une réponse globale à des problèmes et risques globaux.

La plupart des grands programmes de R&D des Etats comme des entreprises se réfèrent à ces objectifs globaux régionaux et sectoriels. Notons qu'à mi-parcours, les entreprises européennes sont en moyenne en avance sur la réalisation des objectifs des SDGs (environ 55%) à l'inverse des Etats-Unis qui sont actuellement les moins avancés (environ 35%), les autres pays étant en situation intermédiaire.

2030 est aussi la date de référence retenue pour les divers grands plans d'action concertés, que ce soit au niveau européen, avec « Horizon Europe », et au niveau français, « France 2030 », qui incluent un important volet sciences et R&D.

C'est aussi l'objectif moyen terme des plans d'autres pays européens, mais aussi américains ou asiatiques. C'est le cas de l'« Inflation Reduction Act » des Etats-Unis, vaste plan d'investissement qui, malgré son nom, porte sur la lutte contre le changement climatique et la réduction des inégalités dans l'accès aux soins aux Etats-Unis, et le « Chips and Science Act » qui porte explicitement sur des engagements de R&D et de production sur de sur les technologies nouvelles actuelles avec une action particulière sur les semi-conducteurs.

On peut évoquer aussi le grand programme « Integrated Innovation Strategy » du Japon avec un premier module de 5 ans menant à 2027, visant, comme son nom l'indique, le repositionnement du Japon au meilleur niveau mondial de l'innovation par le progrès scientifique et technique.

Ces grands programmes sont structurants et intègrent des projets de R&D ambitieux, généralement largement collaboratifs avec d'importants supports financiers publics.

L'Horizon Net Zero 2050 et au-delà

Au-delà de 2030, en phase avec les accords de Paris de la COP21, la plupart des pays, notamment Europe et Etats-Unis, se réfèrent à l'horizon « Net Zero 2050 », mais pour beaucoup de pays émergents des horizons plus lointain : Net Zero 2060 pour la Chine et Net Zero 2070 pour l'Inde.

Ces « horizons » Net Zero, éloignés de 30, 40 ou 50 ans ne sont ni des programmations ni des engagements fermes, mais des marques de volontés collectives d'aboutir. Ils portent sur des scénarios technico-économiques qui montrent que cela est possible, mais difficile en mettant en évidence les multiples problèmes à régler et les investissements nécessaires.

C'est une lumière au bout du tunnel, une date mythique de l'évolution vers un nouveau monde où l'activité humaine se retrouverait en harmonie avec la nature.

L'importance d'un bon diagnostic des problèmes par la communauté scientifique

La communauté de la R&D est très active dans l'identification, la mesure et le diagnostic des problèmes. Ceci est indispensable, car on n'améliore que ce que l'on mesure. Cela est évident pour les travaux réalisés par le réseau international de scientifiques du GIEC concernant le changement climatique et ses conséquences. Mais c'est aussi le cas pour l'identification et la compréhension d'autres défis, comme la pollution, la baisse de la biodiversité, les risques sanitaires. Pour les scénarios à long terme, porteurs d'espoir, comme les horizons Net Zero, le rôle de la communauté scientifique est déterminant pour les définir, les crédibiliser, les rendre cohérents, anticiper les problèmes à résoudre, en montrer les failles et proposer des solutions.

Dans un monde désorienté, l'approche raisonnée et indépendante de la communauté scientifique pour l'étude, l'analyse objective et le diagnostic scientifique rigoureux n'en n'est que plus important face à des problèmes d'ampleur considérables par nature sujets à interprétations, scepticisme, manipulation et fake news pouvant remonter jusqu'au niveau les plus élevés des appareils d'état.

Un atout déterminant de la communauté scientifique tient à sa coopération internationale, plus active que pour n'importe quelle autre communauté et gage de son excellence et sa réactivité face à des défis globaux. Or, les 8 principaux grands risques majeurs actuels, identifiés par tous les analystes, sont globaux, à savoir : - réchauffement climatique, - pollution de l'air et des océans, - cybercriminalité, - pandémies, - crise financière, - épuisement des ressources naturelles critiques, - chute de la biodiversité, - crise géopolitique. Aucun pays ne peut prétendre les résoudre seul et la coopération scientifique internationale est indispensable pour bien les analyser, en améliorer la compréhension et proposer des pistes d'action. C'est le socle d'une coopération internationale élargie aux acteurs politiques et économiques pour leur mise en œuvre.

Il est significatif que dès sa nomination, le nouveau prix Nobel de physique français 2022, Alain Aspect ait consacré sa première déclaration officielle à un appel pressant à la communauté scientifique internationale à garder sa cohésion et son indépendance face aux problèmes globaux : « *C'est important que les scientifiques conservent leur communauté internationale quand le monde ne va pas si bien et que le nationalisme s'impose dans beaucoup de pays.* »²

L'exemple de l'impact dramatique de la non-coopération internationale dans le traitement de la pandémie du COVID-19 a été analysé par une commission de scientifiques internationaux de haut niveau : « *The Lancet Commission on lessons for the future from the COVID-19 pandemic* » rassemblés pour titrer les leçons de cette pandémie pour le futur. Ces 173 experts constatent que le manque de coopération internationale a débouché sur un drame mondial, sanitaire, social et économique qui aurait pu être, sinon totalement évité, du moins avoir un impact négatif infiniment moindre.

La synthèse de cette analyse est cinglante et sans appel : « *Une tragédie profonde et un échec global massif, un échec de la rationalité, de la transparence, des pratiques de santé publique, de la coordination opérationnelle et de la solidarité internationale...* »³ Un constat qui pourrait pratiquement s'appliquer dans des termes similaires pour le retard pris dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Maintenir la confiance dans la relation science, technologie et société

La communauté de la R&D a également, et par nature, un rôle de développement de solutions innovantes et sûres pour résoudre les problèmes et contribuer à améliorer la vie des individus et de la société. Or, aujourd'hui, une partie croissante de la population doute que les technologies soient porteuses à elles seules des solutions aux défis colossaux qui s'accumulent.

Dans la dernière édition de son étude annuelle globale sur les risques futurs d'octobre 2022, AXA constate l'ampleur sans précédents de la perte de confiance du grand public envers les nouvelles technologies. Pour l'enquête 2022, 47% des personnes interrogées considèrent que les progrès technologiques créent plus de risques qu'ils n'en résolvent (enquête auprès de 19 000 personnes dans 15 pays).

Si l'on constatait que la défiance envers les technologies nouvelles montait depuis plusieurs années, le niveau atteint, près d'une personne sur deux, pose un problème de fond sur l'avenir de la relation sciences, technologies et société, d'autant qu'en amont, l'image des scientifiques - si ils restent les professionnels en qui le grand public a le plus confiance - s'est fortement dégradée, avec un taux de confiance tombé à 66% en 2022 (contre 75% un an plus tôt).

La bonne gouvernance des technologies doit être à l'écoute de la société et transparente et la diffusion de la culture scientifique et technique et de ses objectifs humanistes doit être une mission inlassable pour le maintien d'une relation harmonieuse entre science, technologie et société.

La sage devise de l'Académie des Technologies (inspirée des Lumières) montre la voie : « *Pour un progrès raisonné, choisi et partagé* » : Progrès parce que la société souhaite le mieux plus que le nouveau, Raisonné, parce qu'il n'y a pas d'alternative à la démarche scientifique et de raison, Choisi parce que dans une démocratie les solutions ne sont pas imposées, et Partagé parce que, comme le formulait Aristote, « *le progrès ne vaut que s'il est partagé par tous* » et non pas réservé & à quelques-uns.

Une mobilisation sans précédent

L'ampleur des problèmes à régler nécessitera des efforts et des moyens considérables. Si l'on ne retient que l'objectif « Net Zero » (pour zéro émission carbone), les études internationales convergent vers des investissements additionnels nécessaires d'environ 10 000 milliards de \$ par an sur la période 2022 - 2050. Or aujourd'hui, selon l'Agence internationale de l'Energie, la majorité des technologies envisagées pour atteindre cet objectif ne sont pas encore démontrées, ni validées, ni industrialisées pour en réduire les coûts et permettre la tenue de cet horizon.

Sur les investissements colossaux, quelle part consacrer à la R&D ?

Fin 2021, l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) estimait déjà à 65 milliards de \$ le retard de financement de R&D (*R&D funding gap*) pour tenir les objectifs des accords de Paris de la COP21. Seulement 25 milliards de \$ de R&D ayant été engagés sur les 90 milliards prévus.

Mais cela ne couvre que les technologies qui sont actuellement au moins en phase prototypes. Si l'on applique aux 10 000 milliards d'investissements annuels additionnels nécessaires pour la transition climatique, le modeste taux actuel de 2,3% de R&D dans le PNB mondial, cela représenterait 230 milliards de \$ de R&D additionnels au niveau mondial (soit + 10% des dépenses actuelles). Mais il s'agit là d'un minimum très insuffisant, compte tenu de toutes les nouvelles technologies à mettre en œuvre et des nombreux défis à résoudre.

Au niveau français, les investissements globaux (publics et privés) consacrés à la transition écologique, qui avaient stagné pendant la période Covid-19 ont fortement progressé en 2021, à 84 milliards d'euros (contre 66 en 2020). Selon l'Institut pour l'économie du climat⁴, ces montants doivent encore progresser, « entre 13 milliards d'euros additionnels par an pour une transition dite « *génération frugale* » et jusqu'à 30 milliards par an dans un scénario où les progrès techniques préservent les modes de vie .

Dans le premier scénario, les dépenses portent surtout sur des aides accompagnant une baisse drastique des consommations avec un recours limité à des technologies nouvelles. Dans le second scénario, des investissements importants sont consacrés aux « technologies vertes », mais aussi « réparatrices », notamment captation de CO2 et donc un volume important de R&D.

Le mix futur entre non-gaspillage et sobriété, qui sont des objectifs de sagesse, et avancées scientifique et technologiques visant à contrer le réchauffement climatique est donc encore incertain. Dans ce contexte, le thème syncrétique émergent des « technologies de la sobriété » est un champ porteur de progrès.

Raccourcir les délais de R&D face à l'urgence des problèmes ?

Les délais de développement et d'industrialisation de technologies nouvelles sont difficilement compressibles sans risques, mais la pression est actuellement forte pour les réduire compte tenu de l'urgence des problèmes. Ainsi, l'AIE souhaite une réduction de 20% des délais usuels de R&D pour tenir l'horizon Net Zero 2050.

Les gestionnaires de grands projets nouveaux savent qu'il est très risqué d'engager des investissements lourds d'industrialisation de production et d'infrastructure sur des technologies nouvelles à partir d'un travail de R&D insuffisant. Il ne s'agit pratiquement jamais d'une économie. Les surcoûts et la dérive des délais en phase de réalisation d'équipements fondés sur des technologies non suffisamment optimisées et totalement testées et évaluées se sont avérés considérables dans le passé (cf. cas typique des EPR).

Ayant pris conscience de façon violente de ses faiblesses considérables et de sa dépendance en production, laquelle devient prioritaire, l'Europe en général et la France en particulier lancent actuellement de façon accélérée de multiples projets de « megafactories » et autres usines et infrastructures pour combler ce gap.

D'où le risque parfois, dans ce contexte d'urgence, de mettre la charrue avant les bœufs et de lancer des outils de production et équipements lourds utilisant des technologies et des procédés déjà dépassés et insuffisamment productifs où à l'inverse des technologies nouvelles, mais insuffisamment optimisées et qu'il faudra peut-être revoir ensuite à des coûts élevés. Dans ce contexte, cette réduction de délais de R&D est surtout recherchée par la simplification des réglementations et la réduction des délais administratifs (cas typique des éoliennes en France).

Une augmentation souhaitable importante de l'effort de R&D

En plus du réchauffement climatique et de l'environnement, d'autres grands défis sont à relever en parallèle notamment dans l'objectif d'une plus grande autonomie européenne : semi-conducteurs, défense-armement, médicaments-santé, agriculture- alimentation, métaux rares, transport ferroviaire... Là encore, des progrès technologiques importants sont souhaités et attendus pour repositionner l'offre européenne au meilleur état de l'art mondial pour compenser ses coûts sociaux et surcoûts énergétiques. Ces secteurs font l'objet de projets de plans dédiés en Europe dont les montants sont très importants, de l'ordre de 100 milliards d'euros pour chaque, voire plus à horizon 2030/2035. Donc nécessité la aussi d'importants travaux de R&D à réaliser dans des délais courts.

La réponse à tous ces défis simultanés sur une période courte supposerait la croissance des investissements R&D à des niveaux sans précédents. Au bas mot cela signifierait une augmentation sur quelques années de 50% des dépenses actuelles des R&D dans le monde et ensuite une poursuite de l'effort durablement jusqu'à 2050 et au-delà, car tout ne pourra être résolu à cette date.

Il s'agit d'un pari difficile à tenir car la croissance des activités de R&D est peu flexible au-delà de quelque % par an en raison du niveau d'excellence nécessaire. Il faut en effet former de ressources humaines de haut niveau, ce qui prend des années, dans un contexte de pénurie et de concurrence pour des talents sur des domaines de pointe où ils sont extrêmement recherchés et où les activités de R&D ne sont pas les mieux rémunérées.

Par ailleurs, passée la période d'annonce simultanée de multiples plans aux montants de financements considérables sans que les recettes pour les alimenter soient bien identifiées, il est probable qu'un étalement intervienne et/ou que les budgets s'avèrent plus contraints qu'anticipé, d'importants retards étant déjà constatés. Par ailleurs, ces plans supposent parallèlement un important engagement financier des entreprises qui pourrait être limité dans un climat économique contraint.

Des atouts importants de la communauté de la R&D européenne

Face à ces défis considérables, la communauté de la R&D européenne ne manque toutefois pas d'atouts. Son excellence scientifique, internationalement reconnue est au meilleur niveau mondial. A la qualité s'ajoute le nombre, avec 2,2 millions de chercheurs, soit 300 000 de plus que la Chine et 700 000 de plus que les Etats-Unis, ce qui se traduit par plus du quart des publications mondiales. Certes, l'éclatement en 28 pays entraîne des doublons, mais ils sont compensés par un très niveau de coopération inter-européennes et le plus haut niveau de coopération internationale. En ce qui concerne les brevets, si l'Europe a des retards importants en informatique, elle est leader devant la Chine et les Etats-Unis tant pour le climat et l'environnement, que pour l'énergie et les transports.

L'ouverture internationale de la R&D européenne et sa capacité de coopération sont également des atouts majeurs de l'Europe alors que d'autres pays se referment. Mariya Gabriel, la Commissaire européenne à l'innovation, à la recherche, à la culture, à l'éducation et à la jeunesse voit d'ailleurs dans cette ouverture internationale une opportunité historique pour l'Europe d'être l'acteur clef de la R&D mondiale, avec les autres pays développés, mais surtout vers les pays émergents qui représentent les trois quarts des marchés futurs, mais bien moins de 10% de la R&D mondiale et souhaitent y accéder. Le terme de « transfert de technologies » n'est aujourd'hui pratiquement plus politiquement correct, les pays émergents ayant aussi leurs savoirs et leurs technologies, adaptées à leur contexte et souhaitant participer activement à la conception de leur futur.

La demande internationale de coopération scientifique et technique et de co-conception est considérable. Elle est devenue un vecteur clef d'ouverture des marchés, de plus en plus fermés à des produits importés conçus sans aucune participation locale : exemple du passage du « Made in India » au « Make in India » dans la stratégie de développement indienne. Henry Kissinger, qui militait pour une politique étrangère américaine plus appuyée sur la R&D que sur la seule puissance militaire y avait vu l'élément clef des exportations futures « *les marchés fermés aux produits américains seront toujours ouverts à la technologie américaine* » disait-il, sous réserve qu'elle reste la meilleure au monde .

La France est particulièrement active et appréciée dans cette coopération internationale, que ce soit au niveau de la recherche publique (deux tiers des recherches du CNRS sont réalisées en coopération internationale) ou de la R&D privée : Avec 48 200 filiales à l'étranger, les grandes entreprises françaises⁵ sont parmi le plus internationalisées du monde. Elles emploient 118 000 chercheurs à travers le monde (en plus des 100 000 en France) et y investissent plus de 19 milliards d'euros en R&D à l'international (en plus de 15 milliards d'euros sur le territoire national). Elles sont des partenaires privilégiés du développement de nombreux pays. Le leadership européen dans la recherche et les technologies du développement durable constitue un vecteur clef de cette expansion compte tenu de l'ampleur des projets à réaliser dans ce domaine à travers le monde.

Le rôle clef des RTOs européennes

Les instituts de Recherche et de Technologie (dits RTO), généralement publics, parapublic ou associatifs, spécialisés dans la R&D partenariale sont également une spécialité européenne et un atout clef, particulièrement en France (grands instituts CNRS, CEA, INRAE... et autres instituts labellisés Carnot) et en Allemagne (notamment Instituts Fraunhofer.) Ils permettent aux entreprises un accès direct et rapide au meilleur état des technologies nouvelles via des formats originaux particulièrement efficaces, comme des projets ciblés ou des laboratoires communs de recherche.

Le fait que les Etats-Unis mettent actuellement en place des instituts comparables (les « Industries of the Future Institutes »), qui en sont directement inspirés en démontrent la pertinence.

Des coopérations multiples pour relever les défis

Compte tenu de l'ampleur des enjeux, de moyens humains, qui ne peuvent être fortement accrus rapidement, et de contraintes financières probables, les coopérations élargies sont aujourd'hui au cœur des projets de R&D : coopération inter-entreprise, extrêmement active à tous les niveaux, national, européen et international. Les grands programmes européens et nationaux favorisent ces coopérations, mais celles-ci résultent également de façon plus pragmatique d'initiatives des entreprises qui regroupent leurs compétences et leurs moyens humains, techniques et financiers pour faire face à l'ampleur des défis qu'elles doivent affronter.

Ces coopérations élargies, souvent sans précédents regroupent des entreprises de toutes tailles sur des axes variés verticaux sur de mêmes filières et horizontaux sur des technologies transverses.

Les coopérations entre les mondes de la recherche et des entreprises, notamment sur l'axe public privé, qui ont longtemps été considérées comme difficiles (objectifs et statuts différents, complexité du financement mixte) ont beaucoup évolué comme indiqué pour les RTO et sont devenus un réel atout européen et particulièrement français. Il reste dans ce domaine encore d'importantes marges de développement impliquant un plus grand nombre d'entreprises et d'Instituts.

1 - Voir partie N°8 pour aller plus loin sur ces aspects, également <https://www.youtube.com/watch?v=qgrZfibTQ-I>

2 - Déclaration d'Alain Aspect, scientifique de l'université Paris-Saclay et de l'école Polytechnique lors de son interview avec la Fondation Nobel »

3 - The Lancet Commission on lessons for the future from the COVID-19 pandemic The Lancet, Vol. 400, No. 10359 Published: September 14, 2022

4 - I4CE, initiative de la Caisse des Dépôts et de l'AFD, en coopération avec l'ADEME. « Panorama des financements climat » octobre 2022

5 - Les 112 membres de l'AFEP, l'Association Française des Entreprises Privées

2

Evolution du processus de R&D

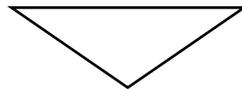


L'évolution du processus linéaire de R&D, T&E, P&O
vers un modèle dissociant la phase de maturation
des technologies (les TRL) de la phase de conception, plus holistique

Le processus de
Research & Development, Test & Evaluation, Production & Operation
tel que défini par la Rand Corporation

Ce modèle d'innovation défini en 1948 se déroule en trois grandes étapes. Il a été formalisé par le bureau d'étude de l'armée américaine pour ses approvisionnements en matériel militaire lors de la Seconde Guerre mondiale. Il a inspiré le mode de gestion de l'innovation des grands groupes industriels pendant des décennies.

S'il est exhaustif et montre l'importance clef de l'étape Tests & Evaluation au cœur du processus, il lui est aujourd'hui reproché d'être trop lourd et trop long à mettre en œuvre.

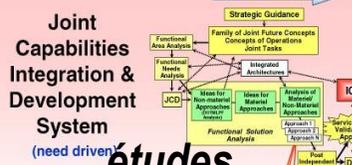
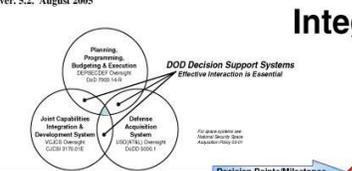




Integrated Defense Acquisition, Technology, & Logistics Life Cycle Management Framework

The Milestone Decision Authority may authorize entry into the acquisition process at any point, consistent with phase-specific entrance criteria and statutory requirements

This chart is a classroom aid for Defense Acquisition University students. It provides an educational illustration of the framework that these major activities support systems and build systems for national defense. Defense acquisition is a complex process with many more activities than shown here, and many concepts will be covered in more detail in a two-dimensional chart. Supporting information is on the back of this chart. For more information see the Acquisition, Technology & Logistics Knowledge Sharing System (http://atlls.dau.mil).



Joint Capabilities Integration & Development System (need driven)

études amont

Oversight & Review

Contracting

Major Products

Logistics/Sustainment

Defense Acquisition System (event driven)

Technical Systems Engineering Test & Evaluation Supportability

Cost

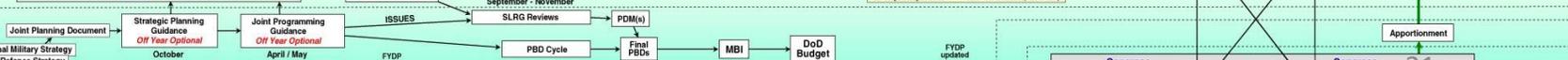
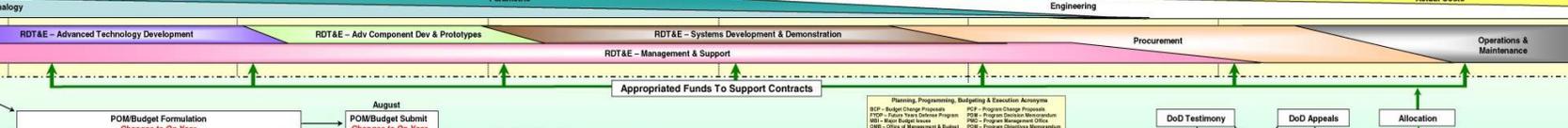
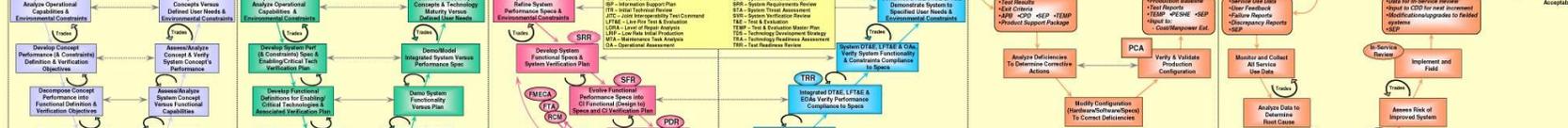
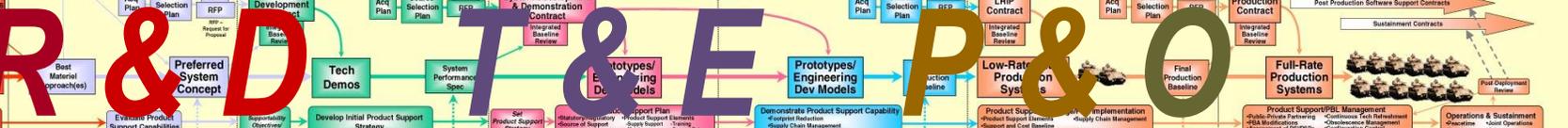
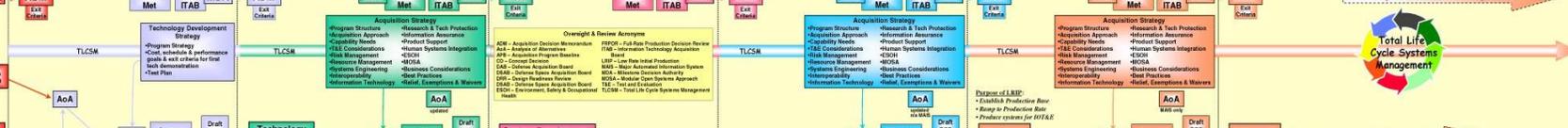
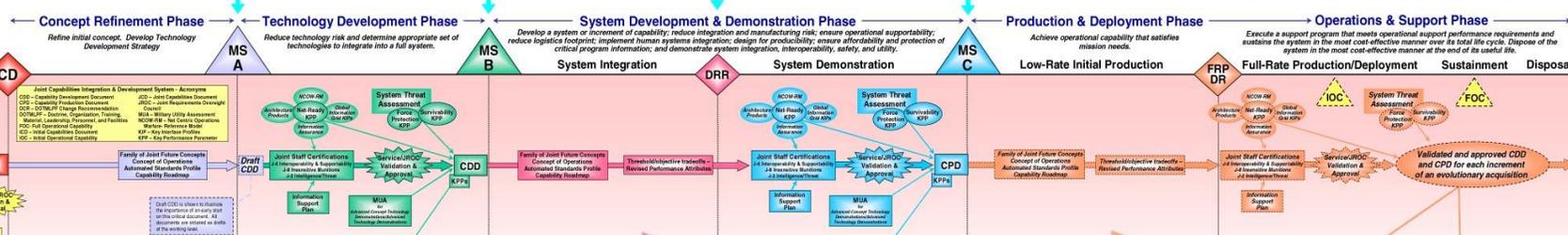
Types of Funds

Planning, Programming, Budgeting, & Execution Process (biennial calendar driven)

Military Departments & Defense Agencies

Office of the Secretary of Defense & Joint Staff

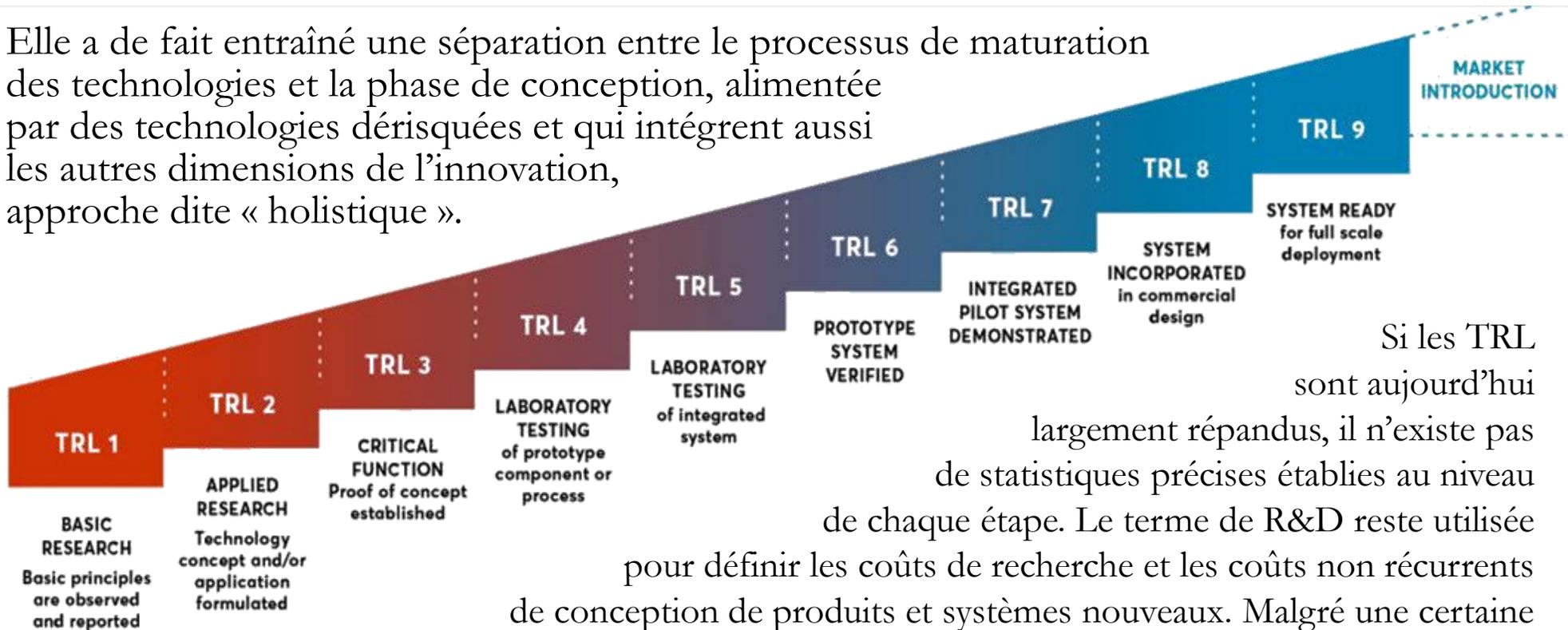
White House



Les Technology Readiness Levels (TRL)

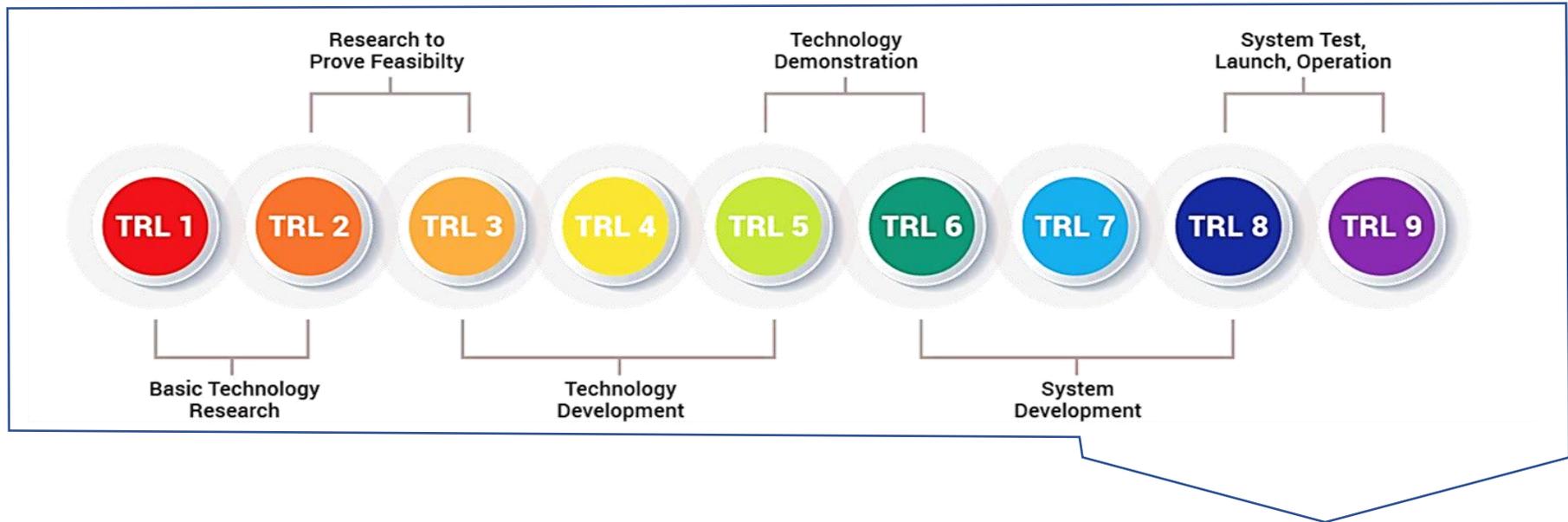
Aujourd'hui, c'est l'approche en termes de Technology Readiness Levels (TRL), conçue par la NASA dans les années 70 qui s'est généralisée dans la plupart des industries. Elle décrit neuf étapes précises de niveau de maturité d'une technologie, allant de la recherche de base au développement opérationnel sur le marché. Elle a fluidifié les échanges de technologies, mieux définies, et permis une accélération des processus d'innovation.

Elle a de fait entraîné une séparation entre le processus de maturation des technologies et la phase de conception, alimentée par des technologies dérisquées et qui intègrent aussi les autres dimensions de l'innovation, approche dite « holistique ».



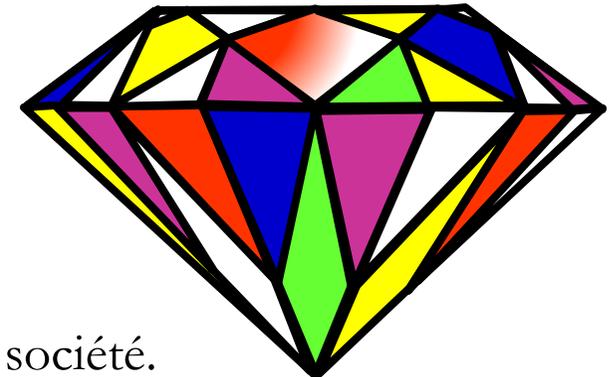
Si les TRL sont aujourd'hui largement répandus, il n'existe pas de statistiques précises établies au niveau de chaque étape. Le terme de R&D reste utilisée pour définir les coûts de recherche et les coûts non récurrents de conception de produits et systèmes nouveaux. Malgré une certaine normalisation (manuels de Frascati et d'Oslo de l'OCDE), les réalités recouvertes par ces termes varient sensiblement selon les pays, notamment pour des raisons fiscales.

1 - La phase de maturation des technologies : R&T



2 - La phase de conception-innovation plus holistique

Intégration, dans la définition du nouveau produit ou service, des technologies dérisquées, mais aussi de toutes les autres dimensions : économique, sociétale, politique, culturelle, artistique, juridique, réglementaire, ainsi que les grandes transitions (développement durable, accessibilité...) pour réponse aux attentes profondes de la société.



Un temps de latence important entre les découvertes scientifiques et technologiques et leur application actuelle

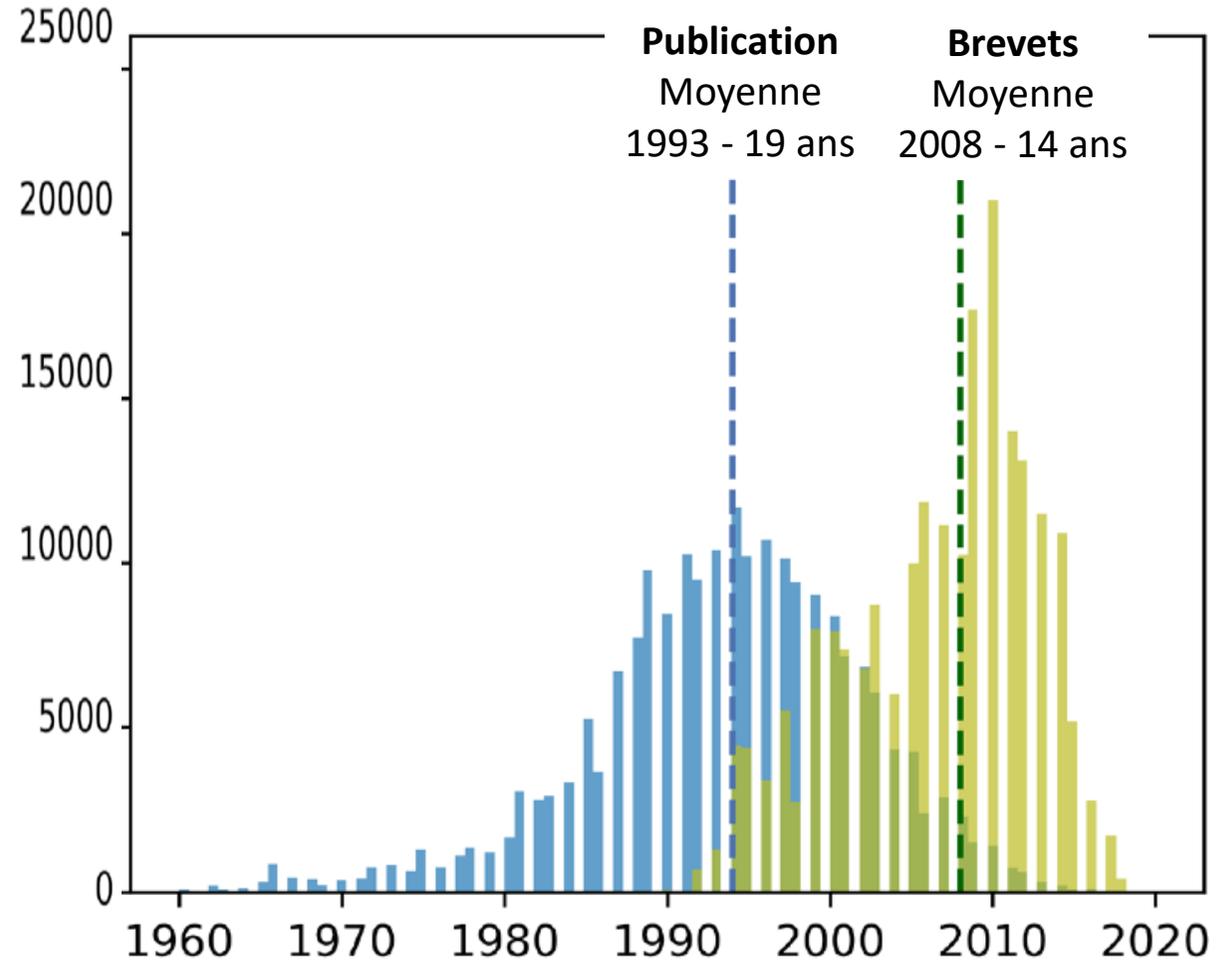
Distribution des dates des publications scientifiques et des dépôts de brevets des technologies intégrées dans les produits et services mis actuellement sur le marché (2022).

Les délais nécessaires à l'introduction des technologies nouvelles dans la vie réelle sont très stables : actuellement 19 ans en moyenne après la publication et 14 ans après le dépôt de brevet.

Il y a cinquante ans, on parlait déjà de la loi des 20 ans et des 15 ans.

Source: Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022

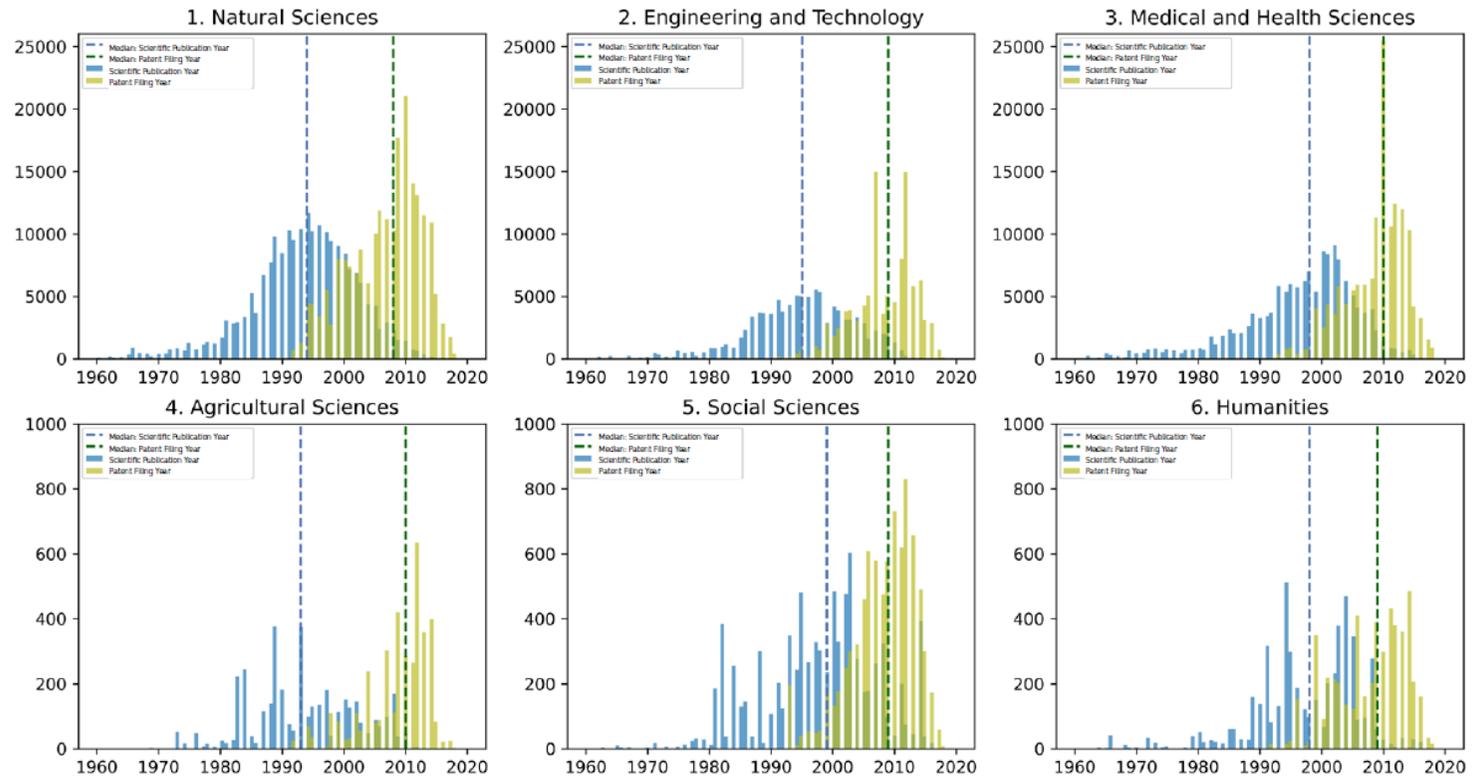
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf



Variation du temps de latence entre les découvertes scientifiques et technologiques et leur application actuelle selon différents domaines

Les délais nécessaires à l'introduction des avancées scientifiques et techniques dans la réalité sont similaires entre les différents domaines.

Les temps moyens les plus courts du passage du brevet à l'application (12 ans) se retrouvent dans la santé et l'agriculture.



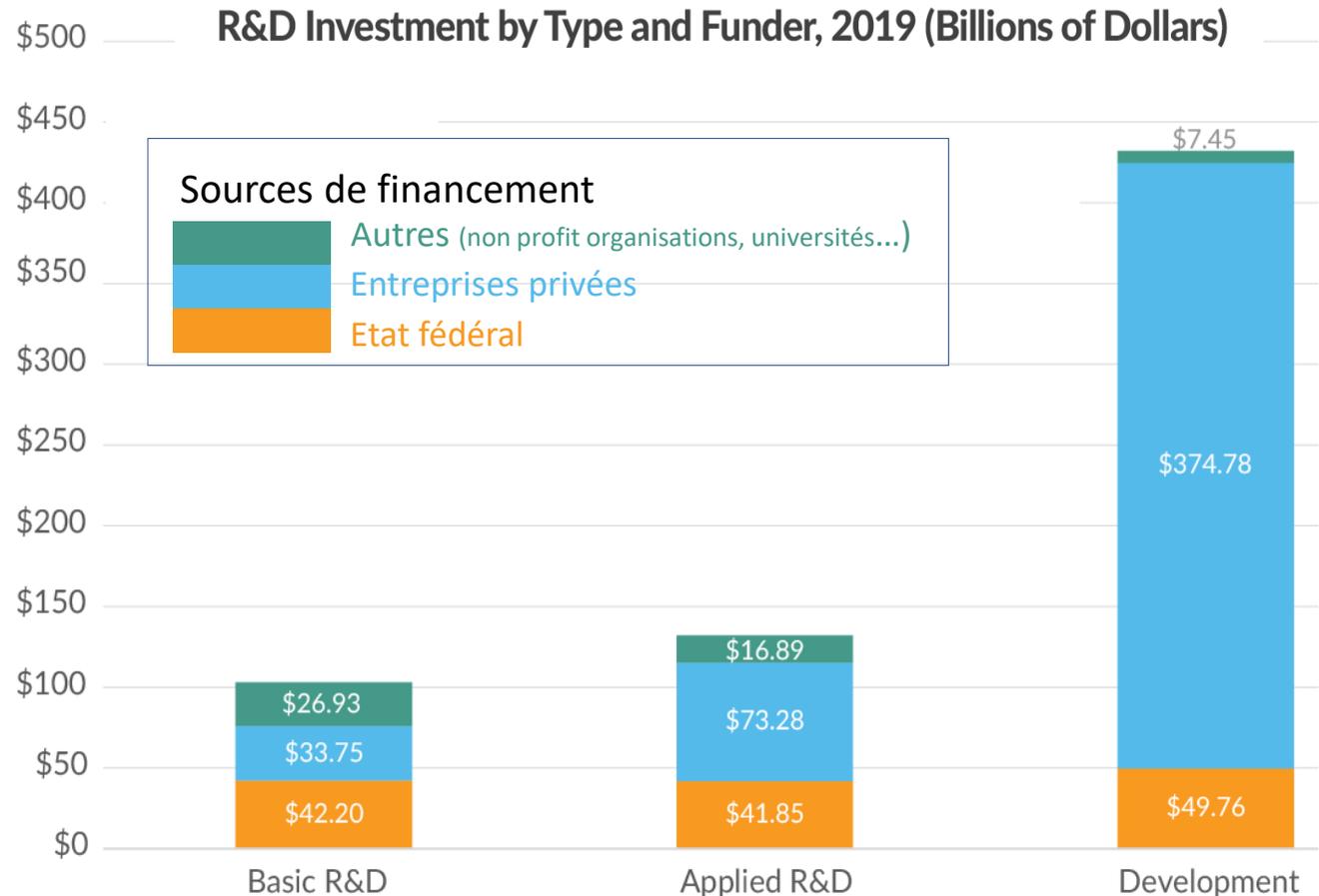
Source: Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

Importance relative et sources de financement des étapes - Recherche fondamentale, - Recherche appliquée - Développement à partir du cas de l'ensemble de la R&D des Etats-Unis

Dans la ventilation des dépenses de R&D des Etats-Unis, la part de la recherche fondamentale ressort à 13,5%, celle de la recherche appliquée à 20,5% et celle du développement à 66%.

Le financement privé, qui ne représente qu'un tiers de la recherche fondamentale monte à 55% pour la recherche appliquée et à 87% pour le développement.

Il n'y a pas de données directement comparables pour l'ensemble de l'Europe. Les poids relatifs des différentes étapes est comparable avec un poids un peu supérieur des étapes amont.



Source: Author calculations, National Center for Science and Engineering Statistics, Tax Foundation
"U.S. Development Expenditures, by Source of Funds and Performing Sector: 1953-2020," National Patterns of R&D Resources, Feb. 22, 2022, https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf22320#technical-notes_overview-of-2019-20-data-update.

3

Répartition et évolution internationale de la R&D



Une poussée scientifique et technologique considérable

>24 millions
de chercheurs
et ingénieurs R&D
dans le monde

> 25 000 articles
scientifiques
publiés par jour

> 3,3 millions de brevets
délivrés par an

> 13 millions
de brevets actifs

Des dépenses de R&D supérieures
à **2 300 milliards de \$** par an dans le monde

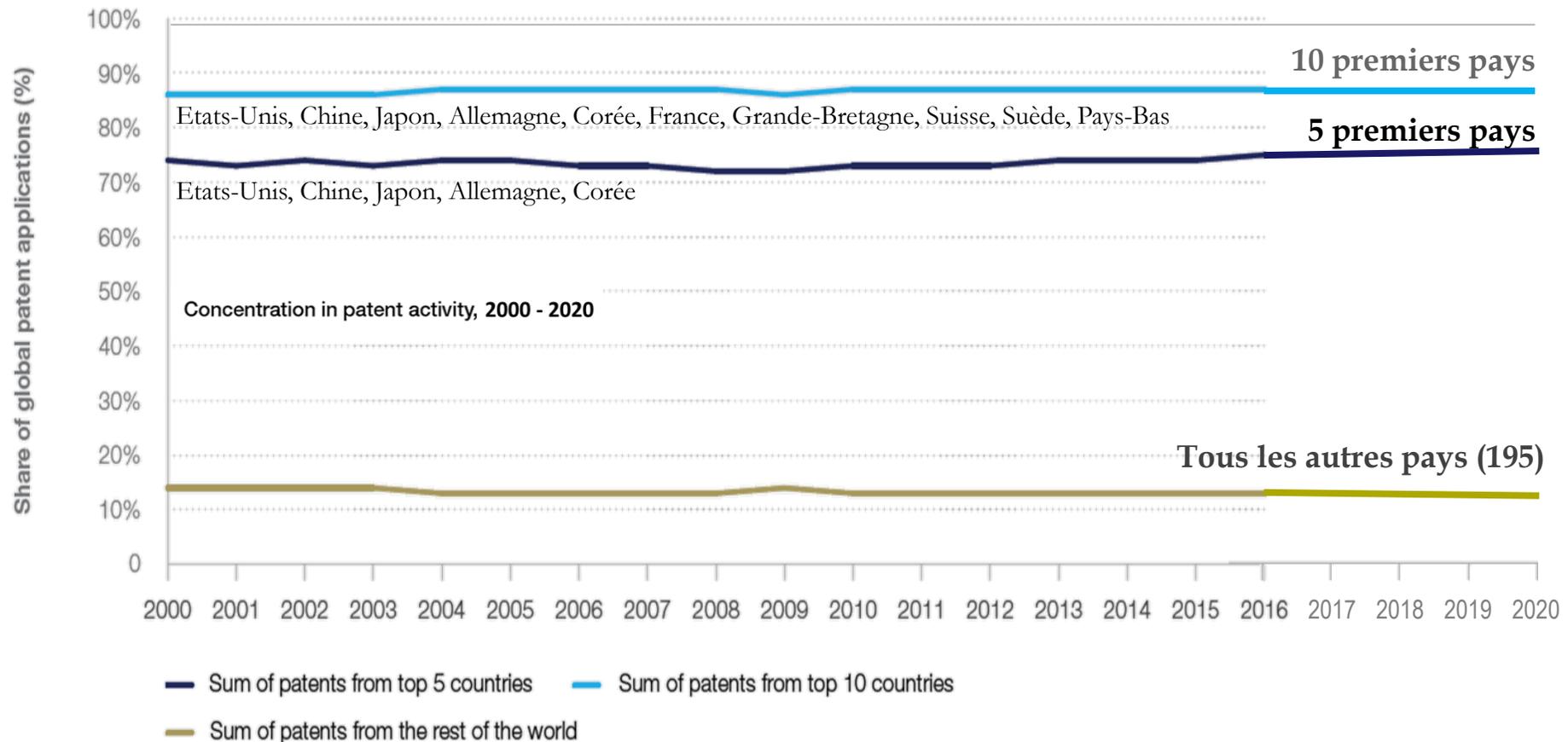
(valeurs 2019, source EICSI)

*110 000 revues
scientifiques*

X 2 en dix ans

L'extrême concentration de la recherche mondiale, privilège des pays les plus développés

Concentration de brevets accordés*



* Applications Source: The Global Competitiveness report, World Economic Report, annual, RAJ, données de base : WIPO

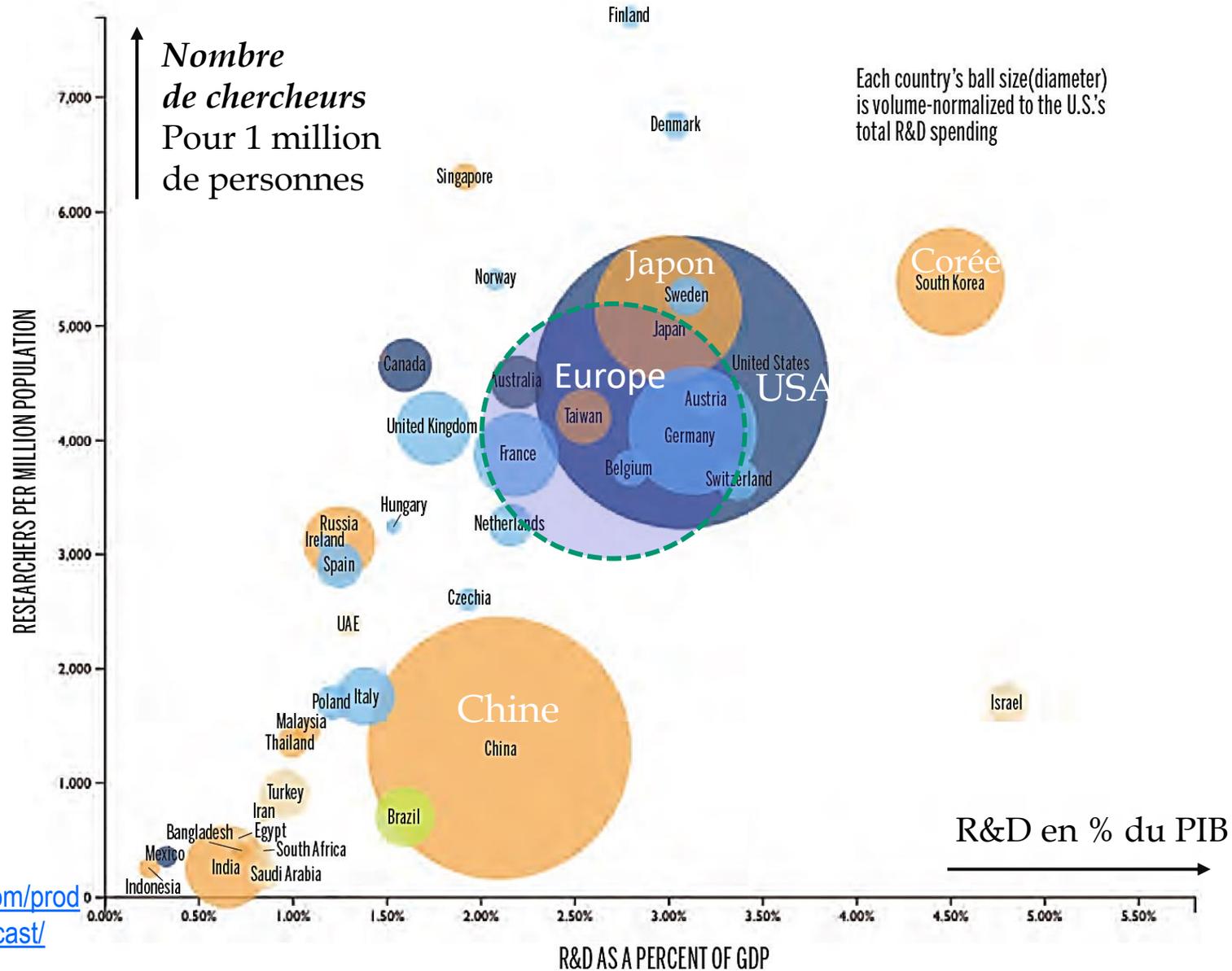
La répartition de la R&D mondiale en 2022

Poids relatif de la distribution de la R&D par pays. Nombre de chercheurs par million d'habitants, versus dépenses de R&D en % du PIB

Taille du cercle en fonction des dépenses absolues en R&D

Source: « R&D World, 2022 Global R&D Funding Forecast » - 2022

<https://forecast.rdworldonline.com/product/2022-global-rd-funding-forecast/>



Evolution des dépenses mondiales de R&D*

Milliards de \$ *en parité de pouvoir d'achat*

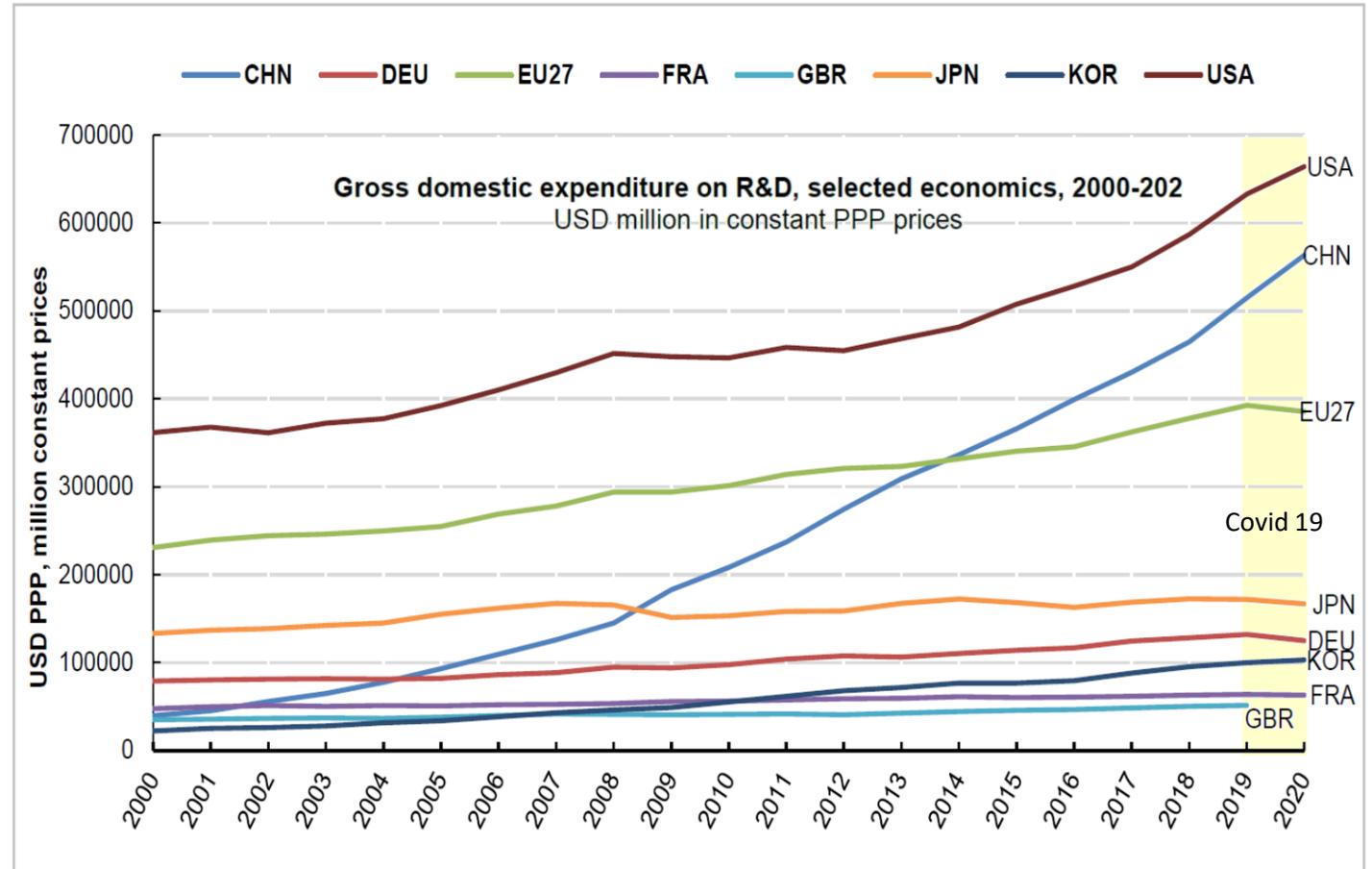
	2020		2021		2022e	% 2022
Etats-Unis	603		644		679	27,4%
Chine	460		507		551	22,3%
Europe	481		510		533	21,5%
<i>(dont France)</i>	<i>63,7</i>		<i>66,8</i>		<i>68,5</i>	<i>2,77%</i>
Japon	178		177		182	7,3%
<i>Asie (hors Chine et Japon)</i>	278		287		301	12,2%
Russie	52		55		56	2,3%
Moyen-Orient	50		52		54	2,2%
Amérique latine	45		47		48	1,9 %
Afrique	27		28		29	1,2%
Monde	2215		2348		2476e	100%

* GERD Source: R&D World : « R&D World, 2022 Global R&D Funding Forecast » - 2022

Evolution des dépenses de R&D pour les grands pays les plus impliqués

L'évolution mondiale des investissements en R&D depuis vingt ans montre la croissance irréversible de la Chine qui se rapproche des Etats-Unis, en reprise de croissance depuis une dizaine d'années, la bonne tenue de l'Europe et la stagnation du Japon.

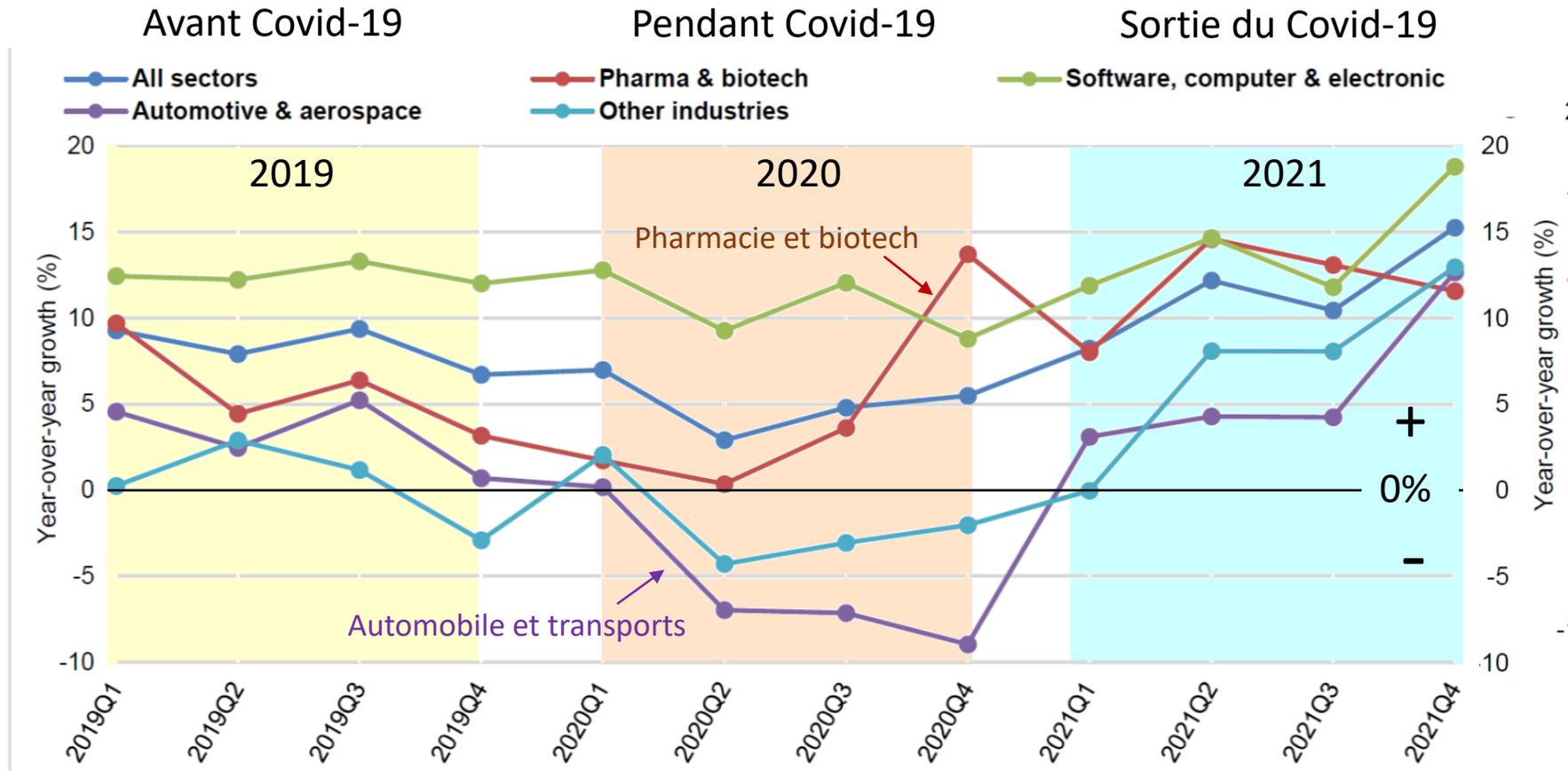
Les variations de l'année 2020 sont peu significatives du fait du COVID-19 dont l'impact porte sur 2020 ou 2021 selon les pays, avec une baisse de la R&D en Europe en 2020, compensée en 2021, et à l'inverse pour les Etats-Unis, hausse en 2021, et baisse en 2021.



Source: OECD Main Science and Technology Indicators Database, March 2022.

https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB

Croissance des dépenses de R&D par secteur, avant, pendant et après la crise Covid : une très forte reprise pour tous les secteurs



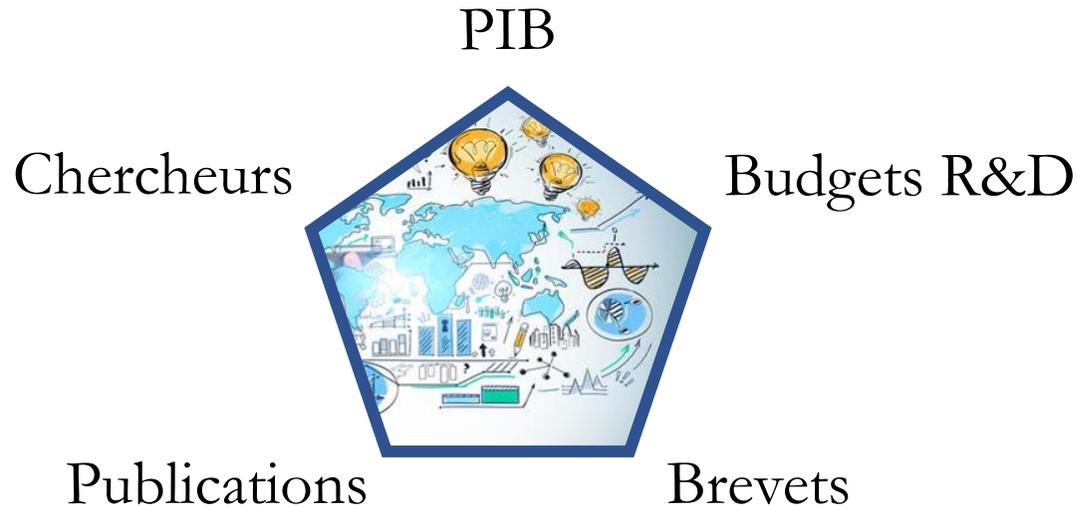
Note: Growth rates correspond to a reference quarter compared to the same quarter in the previous year (year-on-year)

Source: OECD Short-term Financial Tracker of Business R&D (SwiFTBeRD) dashboard, March 2022

https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB



Mesure multicritère de l'activité de recherche



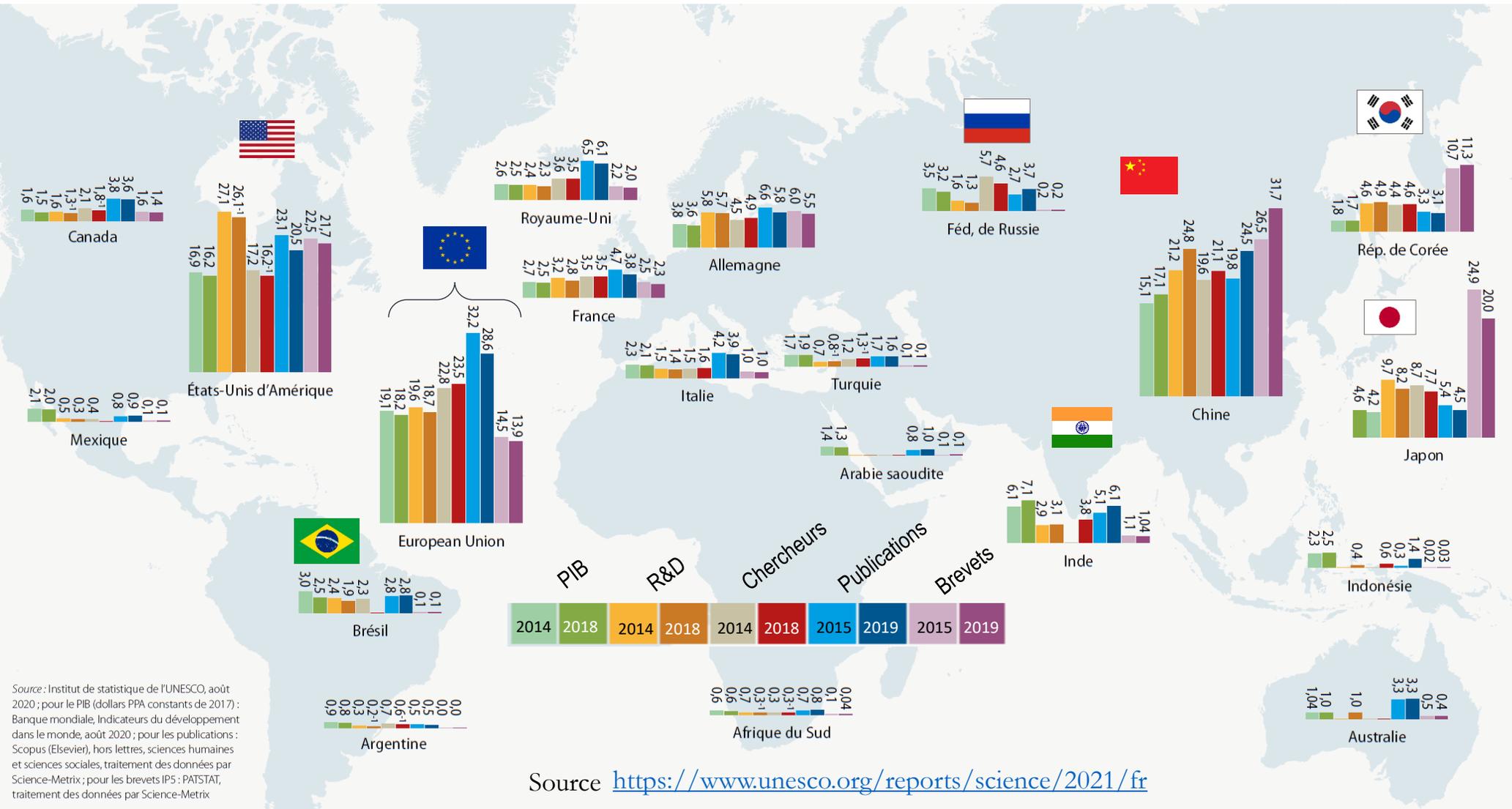
Pour des parts du PIB mondiales comparables, les Etats-Unis, l'Europe et la Chine diffèrent sensiblement dans leur activité de recherche. L'Europe est leader en nombre de chercheurs (25,3% du G20, contre 21,1% pour la Chine et 16,2% pour les Etats-Unis) et en publications (28,6%, contre 24,5% pour la Chine et 20,5% pour les Etats-Unis).

En revanche, les Etats-Unis dominent largement en termes de dépenses de R&D, avec 26,1% du G20, la Chine suivant avec 24,8% et l'Europe assez loin derrière avec 18,7%. A noter le poids important de la R&D militaire aux Etats-Unis, avec 0,4% du PIB, contre 0,025% dans l'Union Européenne.

Dans le domaine des brevets, c'est la Chine qui domine avec 31,7% des brevets mondiaux, contre 21,7% pour les Etats-Unis et 13,9% en Europe. Ces chiffres sont toutefois à nuancer fortement compte tenu de la différence entre les brevets chinois et occidentaux (spectre moins large en Chine et donc beaucoup plus de brevets) et des stratégies internationales différentes au niveau des brevets entre les pays d'Europe et les Etats-Unis.

Notons que le poids de l'Inde est très sousestimé, tant dans les dépenses de R&D, laquelle n'existe pratiquement pas en comptabilité indienne, les dépenses de recherche étant rattachée à l'éducation et celles de développement à la production dès la phase prototype. Par ailleurs, la propension à breveter est très faible en Inde, de culture profondément open source.

Poids des grands pays (G20) dans le PIB, les dépenses de recherche, le nombre de chercheurs, les publications scientifiques, les brevets

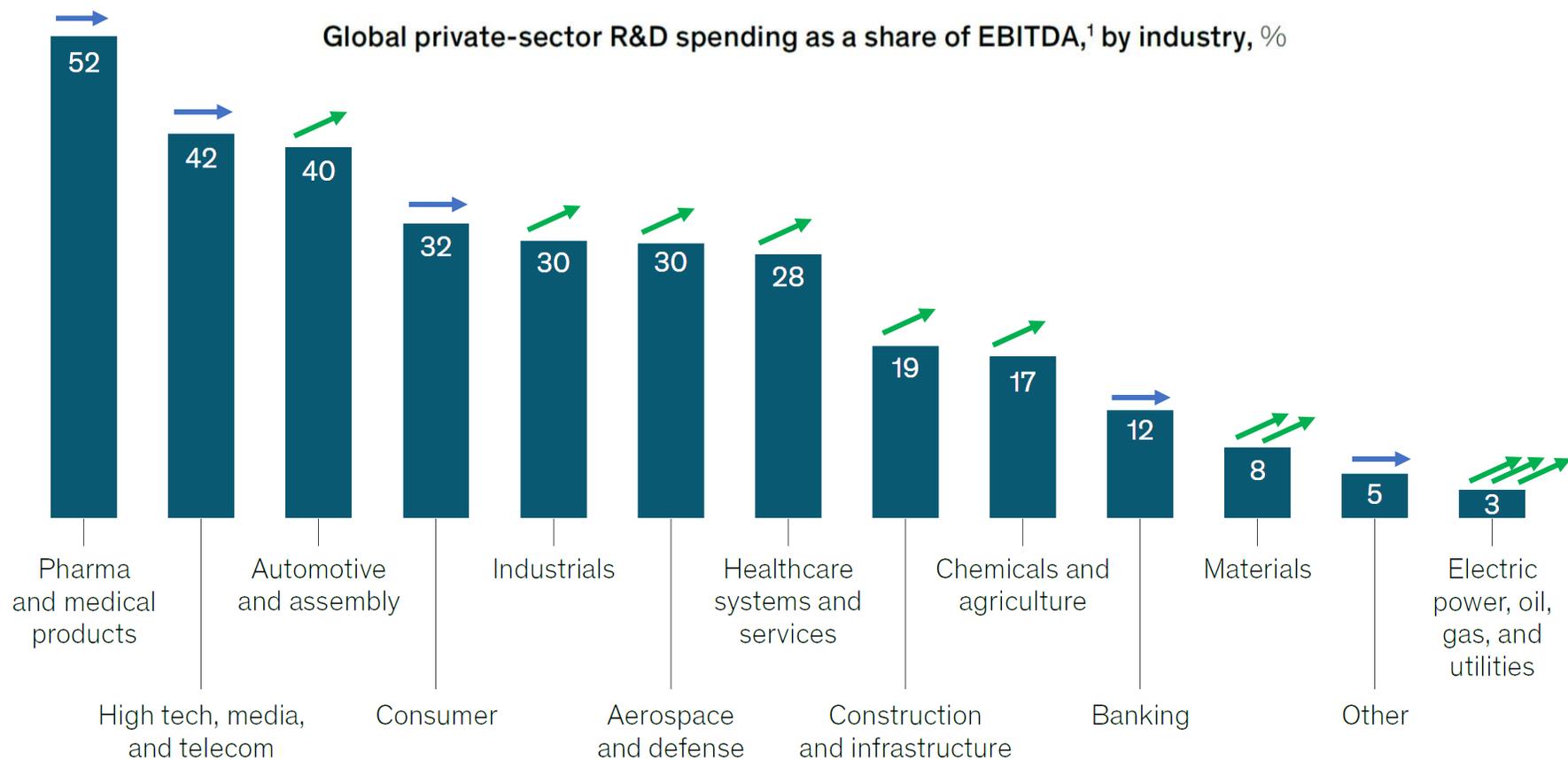


Source <https://www.unesco.org/reports/science/2021/fr>

- Part du PIB mondial, 2014
- Part des dépenses mondiales de recherche, 2014
- Part de l'effectif mondial des chercheurs, 2014
- Part des publications dans le monde, 2015
- Part des brevets IP5 dans le monde, 2015
- Part du PIB mondial, 2018
- Part des dépenses mondiales de recherche, 2018
- Part de l'effectif mondial des chercheurs, 2018
- Part des publications dans le monde, 2019
- Part des brevets IP5 dans le monde, 2019

Intensité relative de R&D par secteur :

Importance des dépenses de R&D en % de l' Excédent Brut d'Exploitation des entreprises et tendance d'évolution à court-moyen terme

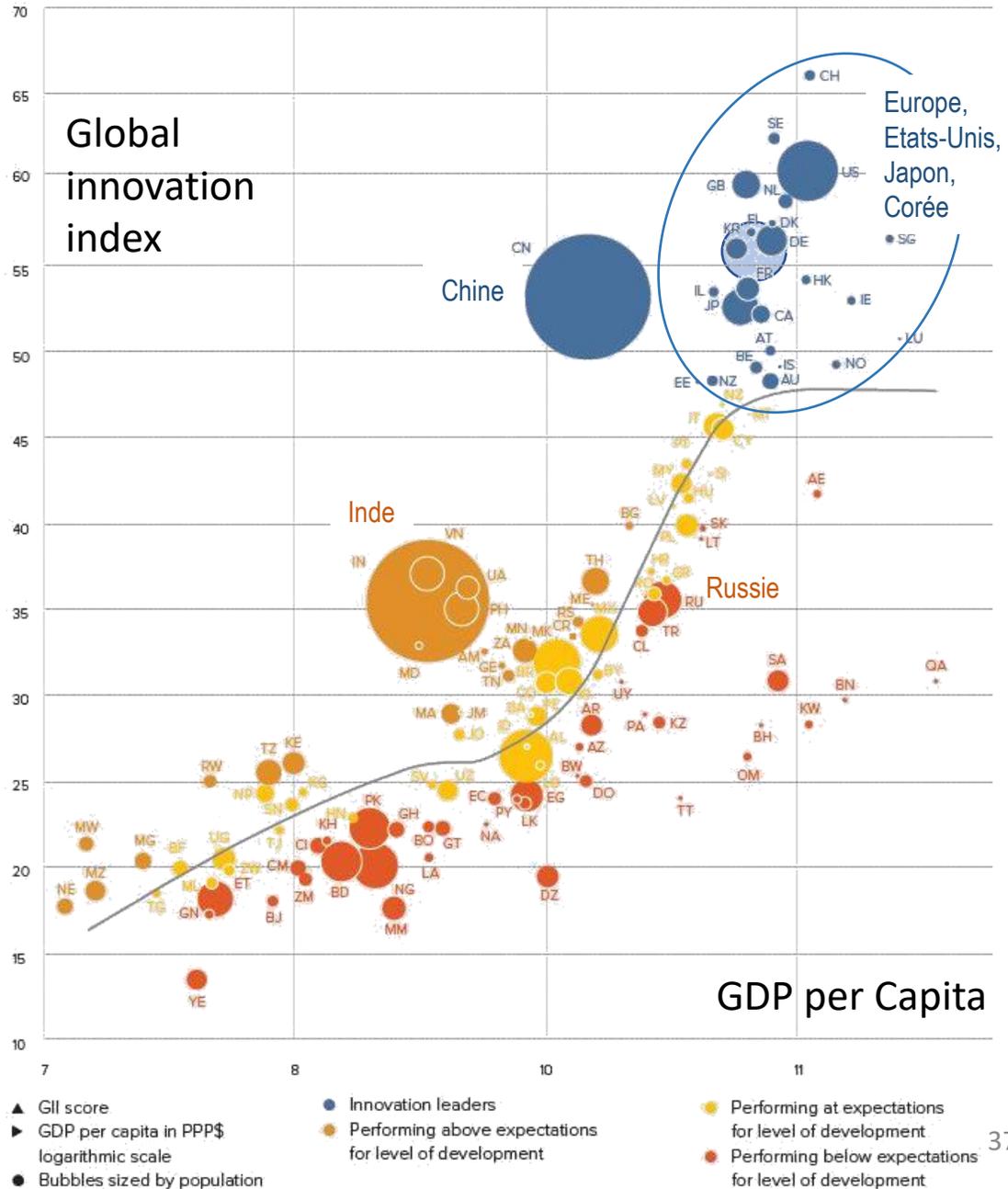


Entreprises de l'indice S&P 500. Analyse tendances : EICSI

Classement des pays les plus innovants, selon l'index multicritère de l'Institut Mondial de la Propriété intellectuelle.

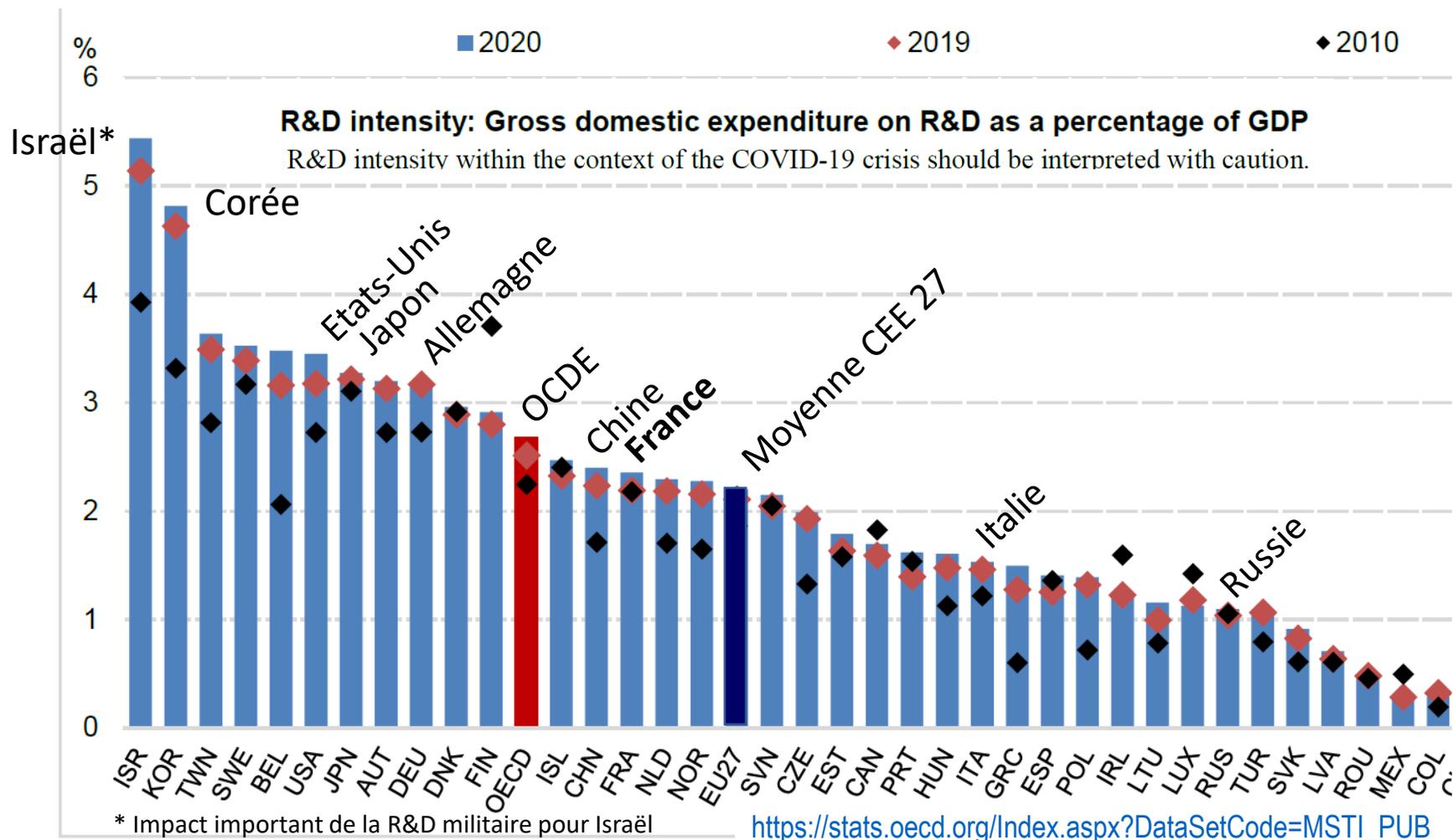
Les Etats-Unis et l'Europe dominent le classement mondial, la Suisse toujours en pointe.

Source:
Global Innovation Index 2020
WIPO 2021
https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf



Répartition par pays de l'intensité de R&D en % du PIB 2020 versus 2019 et 2010

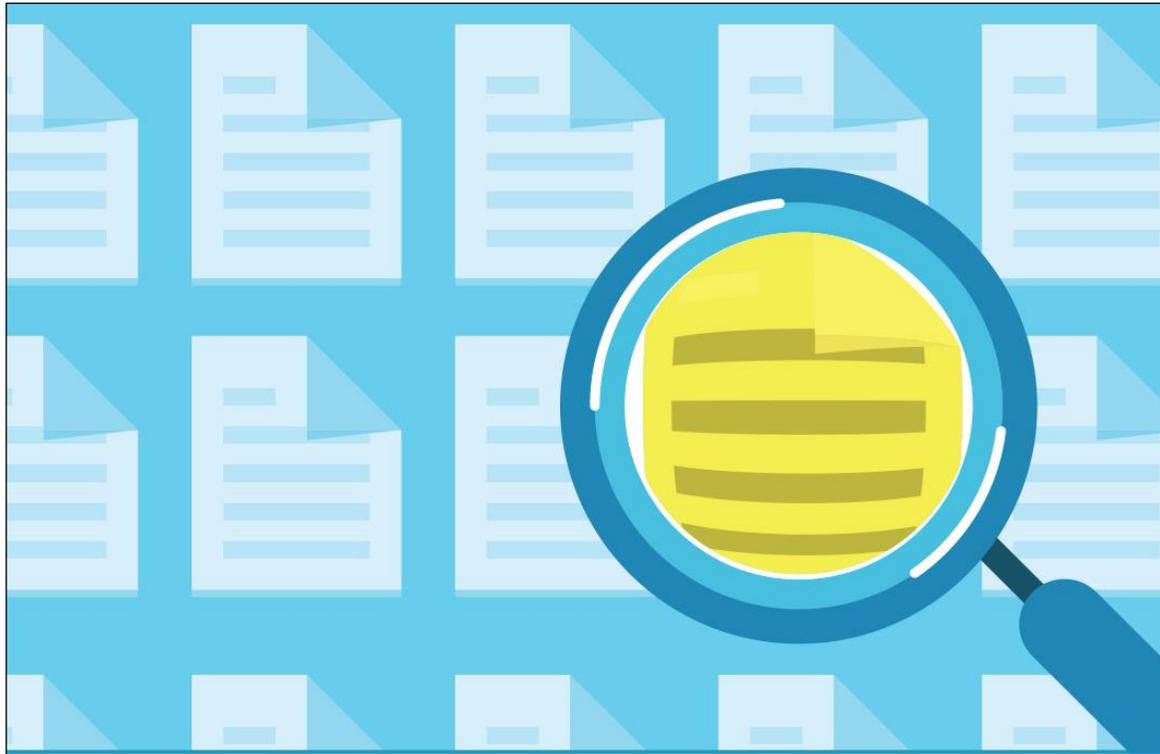
Situation contrastée entre Europe du Nord et du Sud, surperformance de la Corée



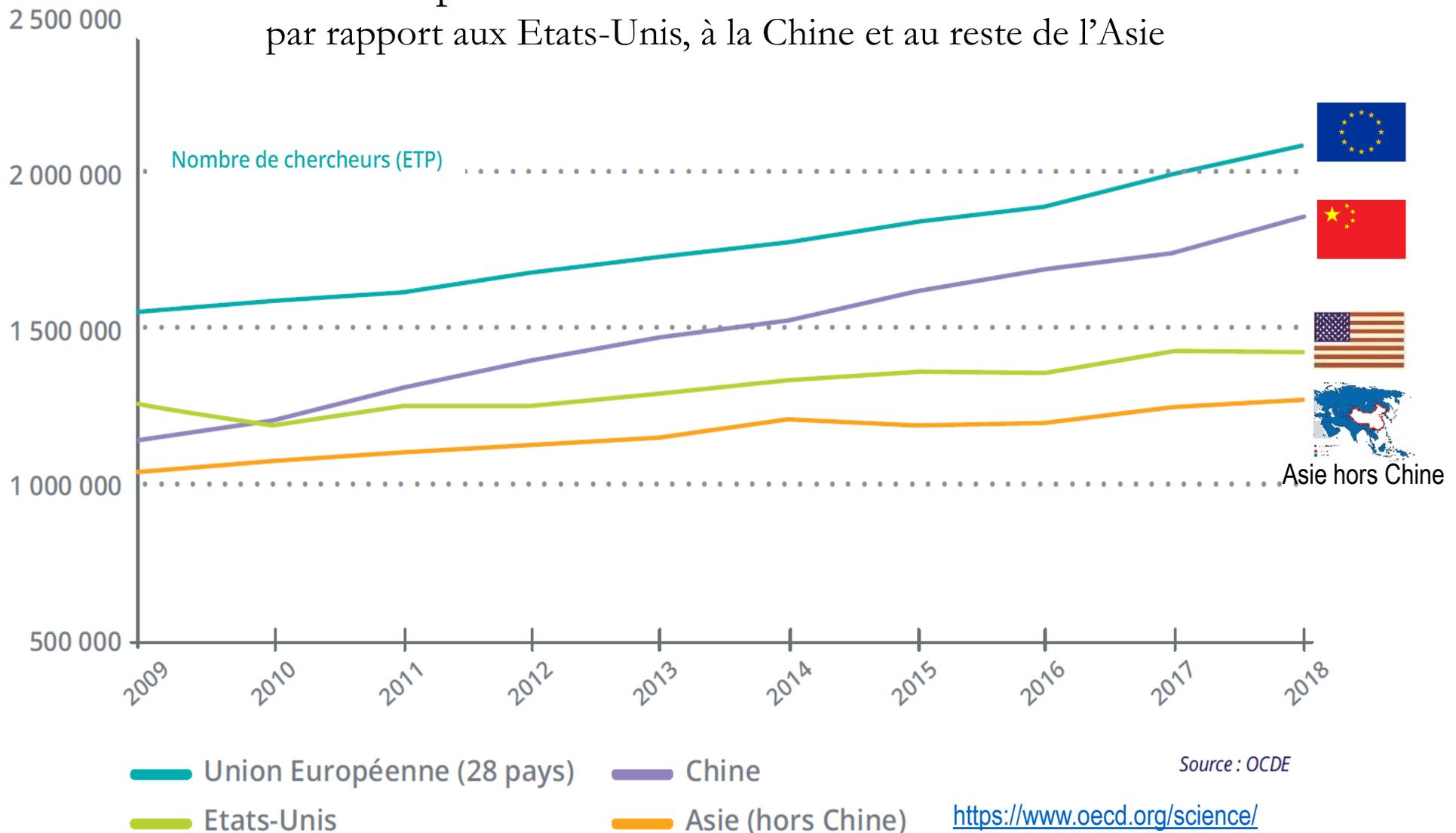
Source: OECD Main Science and Technology Indicators Database, March 2022.

4

Répartition et évolution des publications scientifiques



L'Europe toujours en tête pour le nombre de chercheurs par rapport aux Etats-Unis, à la Chine et au reste de l'Asie



Le financement de la recherche académique

Les pays de l'Union Européenne investissent relativement plus en recherche académique (0,44% du PIB) que le Japon (0,38%), les Etats-Unis (0,36%) et la Chine (0,16% du PIB).

Mais les Etats-Unis possèdent un groupe d'institutions académiques d'excellence qui dominent les classements mondiaux.

Source: OECD Data base

Suisse

Canada

Allemagne

Singapour

France

CEE

OCDE

Japon

Corée

USA

Chine

Academic Research Expenditures: % GDP

	2008	2018
Denmark	0.75	0.98
Switzerland	0.66	0.93
Norway	0.50	0.71
Canada	0.66	0.65
Australia	0.54	0.62
Germany	0.44	0.55
Singapore	0.53	0.51
France	0.41	0.45
EU (28 countries)	0.41	0.44
United Kingdom	0.43	0.41
OECD (Total)	0.39	0.41
Poland	0.20	0.38
Japan	0.39	0.38
South Korea	0.33	0.37
United States	0.37	0.36
Spain	0.35	0.33
Italy	0.35	0.33
Hungary	0.22	0.19
China	0.12	0.16
Mexico	0.13	0.16

Source: OECD, 2021

La collaboration internationale dans la recherche, mesurée par le « Nature index of collaboration » et visualisée dans une approche américano-centrée

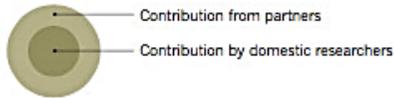
CONNECTED WORLD

PATTERNS OF INTERNATIONAL COLLABORATION CAPTURED BY THE NATURE INDEX

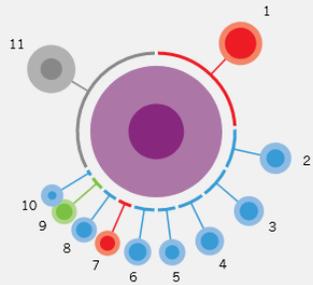
This graphic shows only international collaboration
1 December 2020 to 29 November 2021

LEGEND

SCORE SPLIT



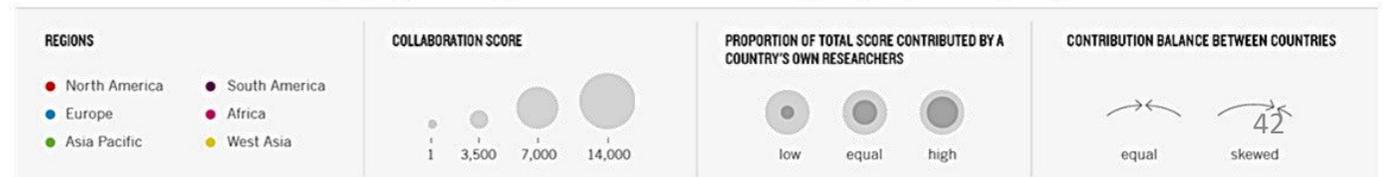
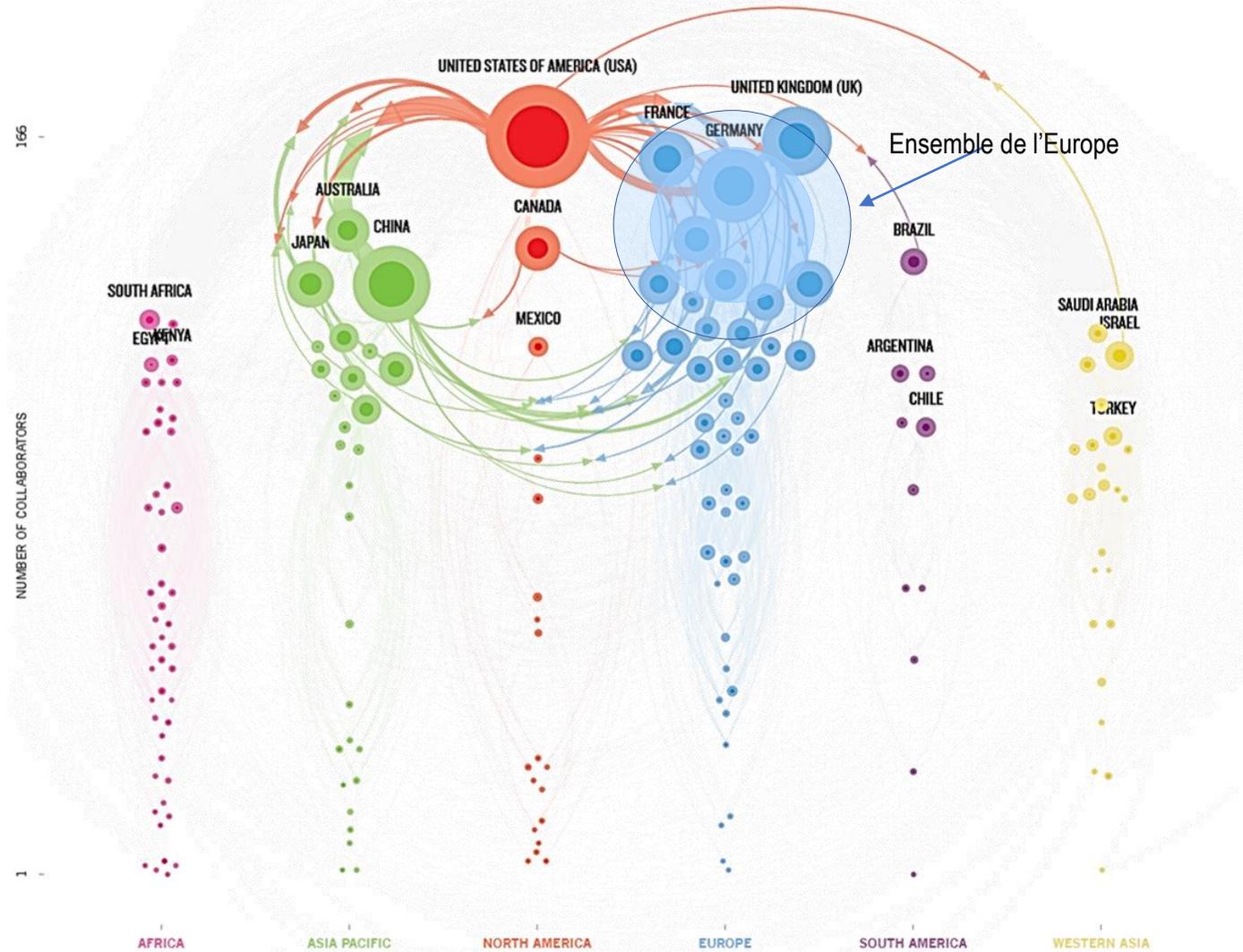
TOP 10 OVERALL COLLABORATORS



1. United States of America (USA)
2. United Kingdom (UK)
3. Germany
4. France
5. Spain
6. Italy
7. Canada
8. Switzerland
9. China
10. Portugal

Source: Nature index 2021

<https://www.nature.com/nature-index/annual-tables/2022/institution/all/all/global>



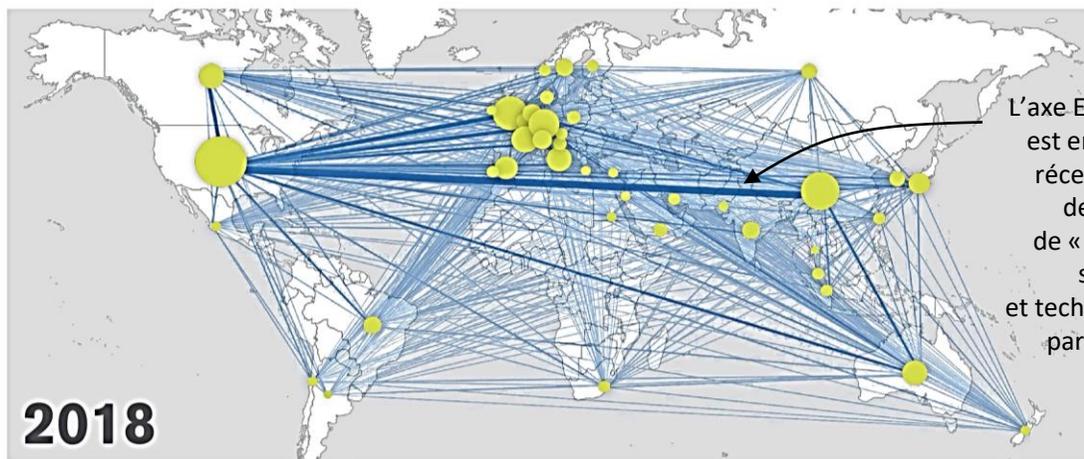
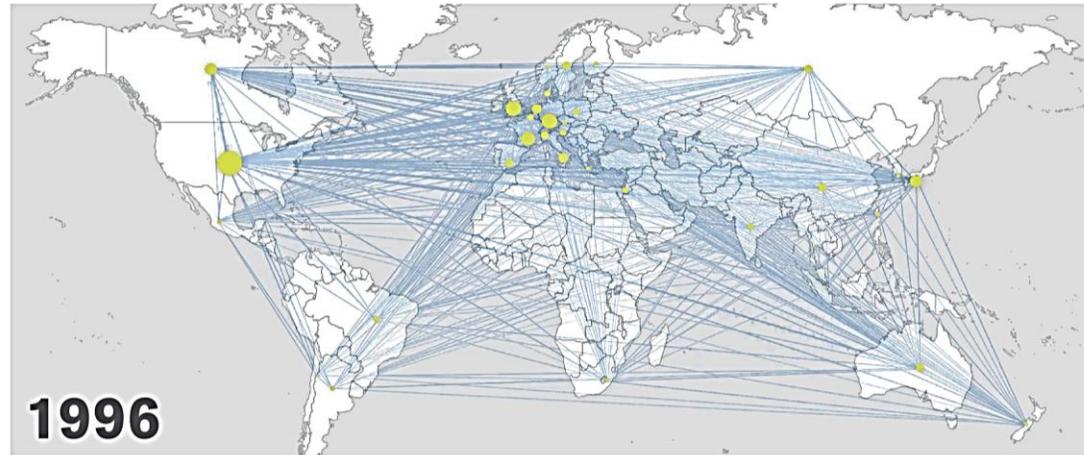
INTERNATIONAL COLLABORATION AMONG RESEARCHERS GROWS DRAMATICALLY

Collaboration among scientists and engineers around the world enhances research capacity. In 1996, U.S. researchers most frequently co-authored papers with researchers in Europe and Japan. In 2018, these connections have grown – as shown by the width of the lines, with the size of the circles denoting the relative number of publications. Now, China has emerged as the single most frequent partner with the U.S. in research collaboration.

L'Europe,
leader
en termes
de publications
scientifiques,
joue un rôle clef
au cœur de la
coopération
scientifique
internationale

Source: Nature Index

<https://www.nature.com/nature-index/annual-tables/2022/institution/all/all/global>



L'axe Etats-Unis - Chine est en cours de forte récession en raison de la politique de « déconnexion » scientifique et technologique menée par les deux pays

Les spécialisations relatives des grands pays dans les publications scientifiques

Le poids relatif par disciplines scientifiques fait ressortir des spécialisations propres à chaque pays :

Pour la Chine : sciences, technologies engineering et mathématiques, sciences de la nature, biologie, médecine et biochimie ;

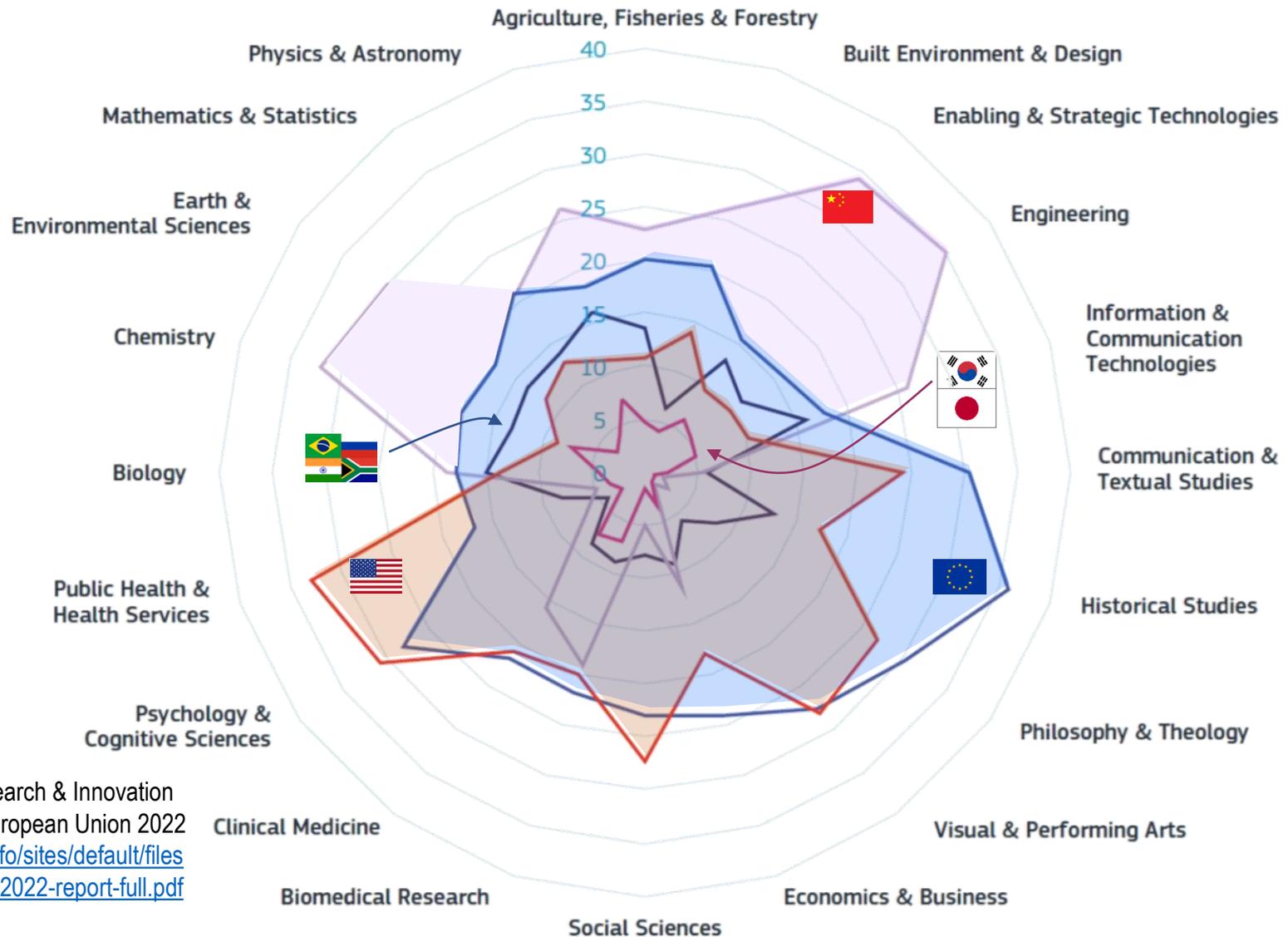
Pour les Etats-Unis : un leadership en santé, psychologie, et sciences humaines et sociales ;

Pour l'Europe : une forte présence en philosophie, histoire, langage, sciences humaines et une présence intermédiaire entre Chine et Etats-Unis dans les sciences, technologies engineering et mathématiques sciences de la terre ;

La Corée et le Japon : sont surtout présents sur les sciences, technologies engineering et mathématiques ainsi que médecine ;

Les émergents : Inde, Brésil, Russie, Afrique du Sud ont un profil comparable à celui de la Chine, sciences, technologies engineering et mathématiques, agriculture, avec une plus forte implication dans les sciences humaines.

Répartition des publications scientifiques par discipline en 2020 selon les grands pays, en % des publications mondiales



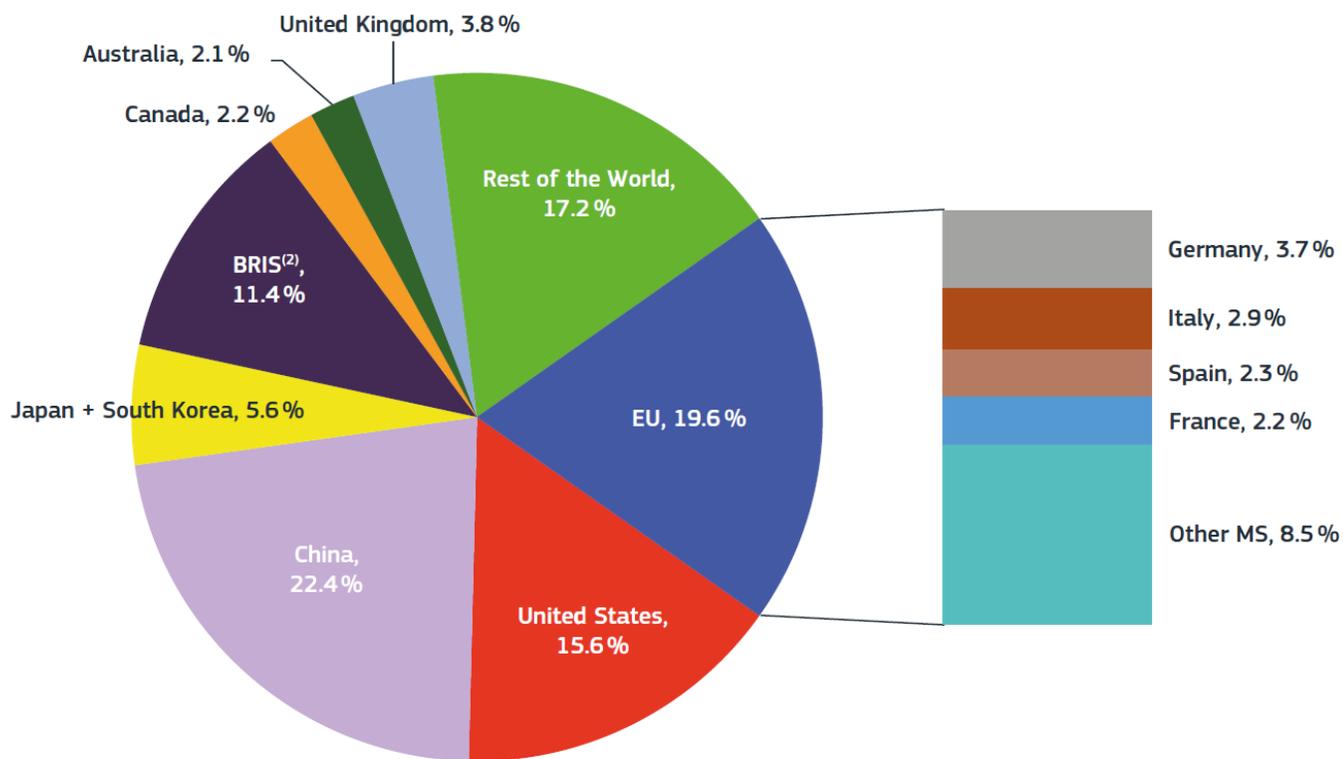
Source: Science, Research & Innovation
Performance of the European Union 2022
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

Répartition mondiale des publications scientifiques année 2020

L'Union européenne a réalisé en 2020 19,6% des publications scientifiques mondiales, contre 15,6% pour les Etats-Unis.

La Chine, qui poursuit une politique très active de publications en a réalisé 22,4%, prenant ainsi la première place tenue jusqu'à 2019 par la CEE qui intégrait alors encore la Grande Bretagne.

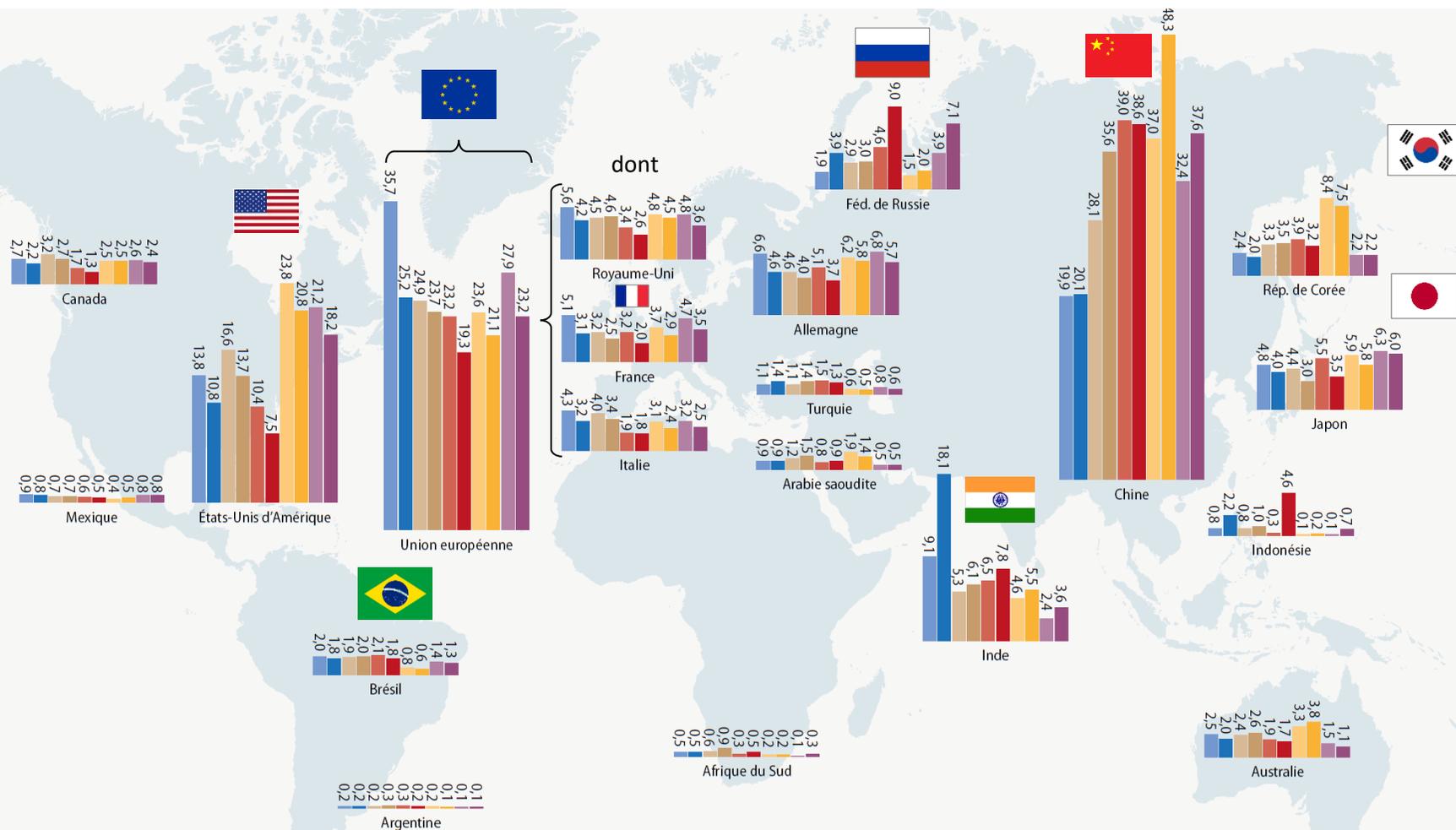
A elles seules, ces trois zones : Europe, Etats-Unis et Chine représentent 61,4% des publications scientifiques mondiales.



Science, Research and Innovation Performance of the EU 2022

Source: DG Research and Innovation – Common R&I Strategy and Foresight Service – Chief Economist Unit, based on Science-

Part des publications mondiales consacrées aux technologies stratégiques transversales : IA et robotique, Energie, Matériaux, Nanotechs et optoélectronique, pour les pays du G20



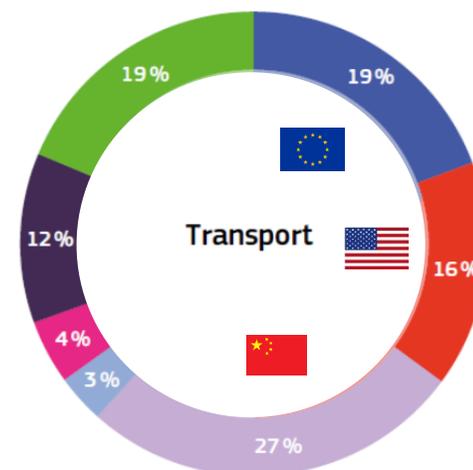
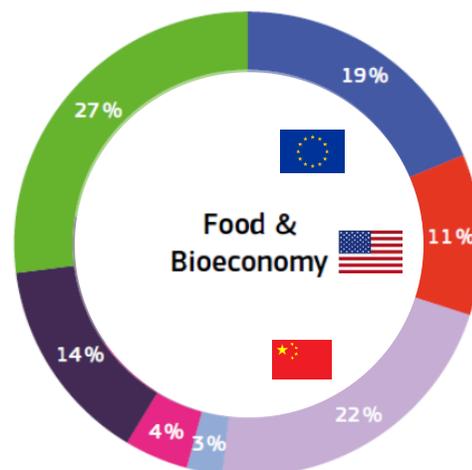
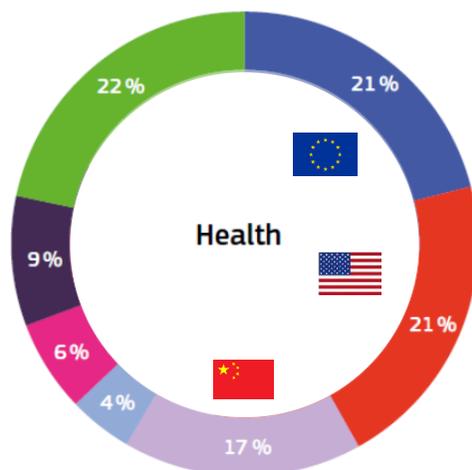
Source : rapport de l'Unesco sur la science - 2021

https://fr.unesco.org/rapport_unesco_science/collection

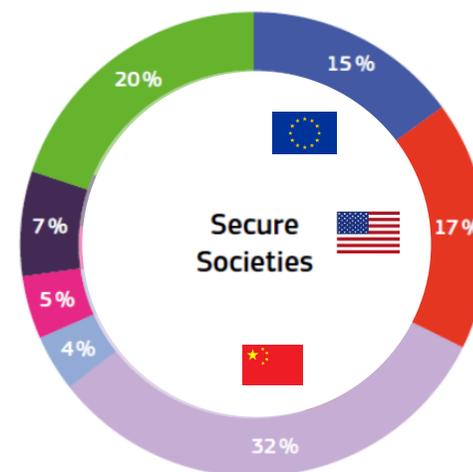
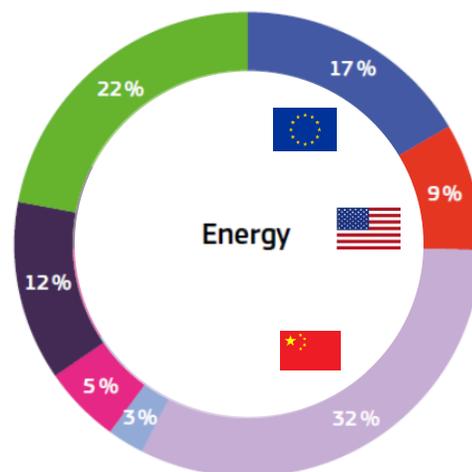
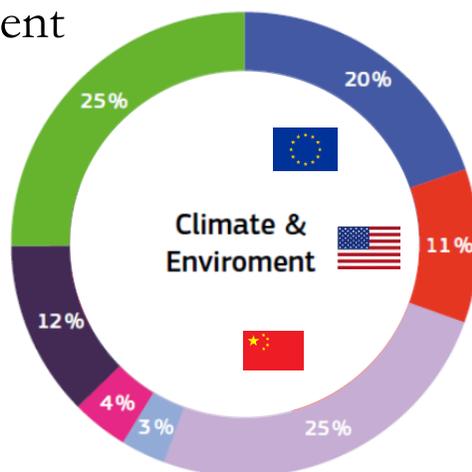


Répartition des publications scientifiques des grands pays selon les grandes enjeux sociaux

Santé
Alimentation
Transports



Climat et environnement
Energie
Sécurité

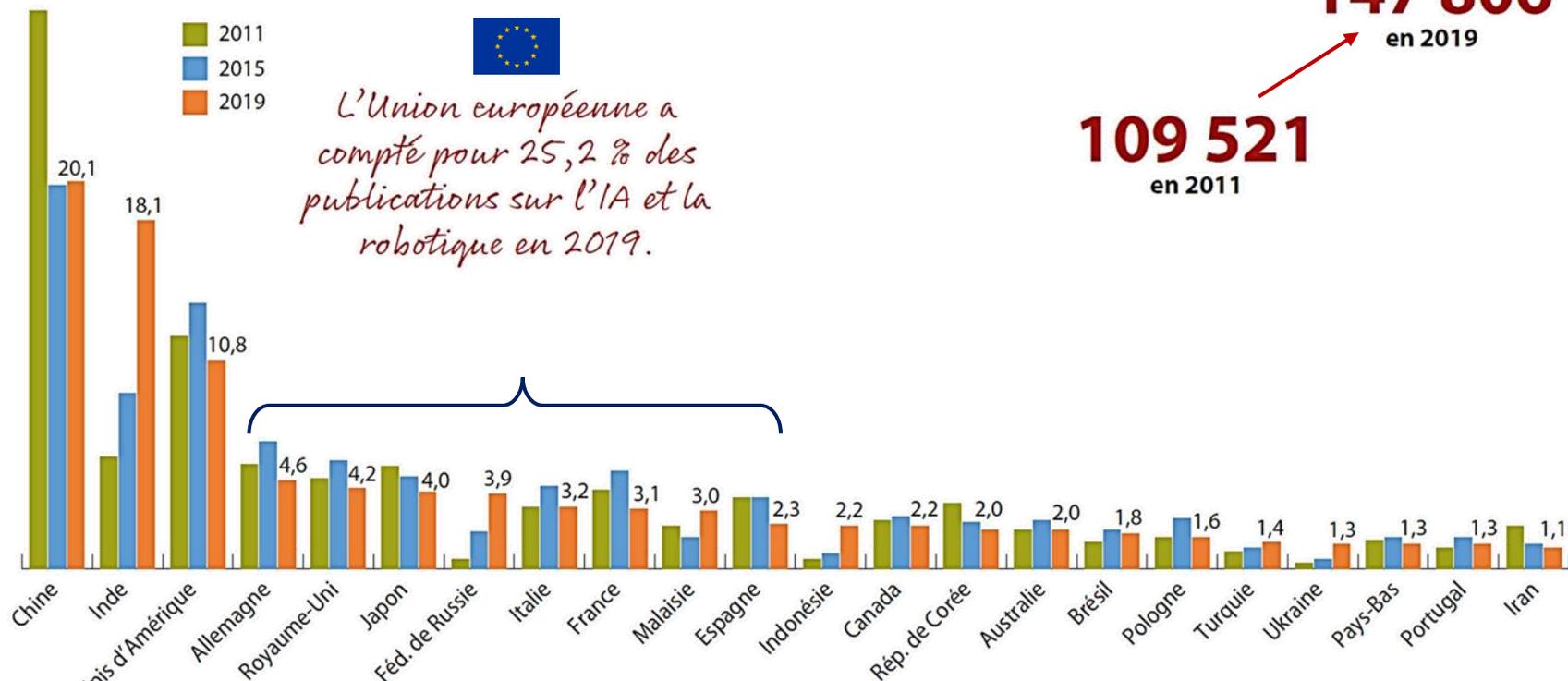


Zoom sur l'évolution et la répartition internationale des publications scientifiques sur l'intelligence artificielle et la robotique

Avec plus du quart des publications mondiales en IA, l'Union européenne (25,2%) est leader devant la Chine (20,1%), l'Inde (18,1%) et les Etats-Unis (10,8%)

Part des publications mondiales sur l'IA et la robotique, 2011, 2015 et 2019 (%)

Parmi les pays dont la part était d'au moins 1,0 % en 2019 ; les étiquettes de données concernent l'année 2019.



Global publications on AI & robotics



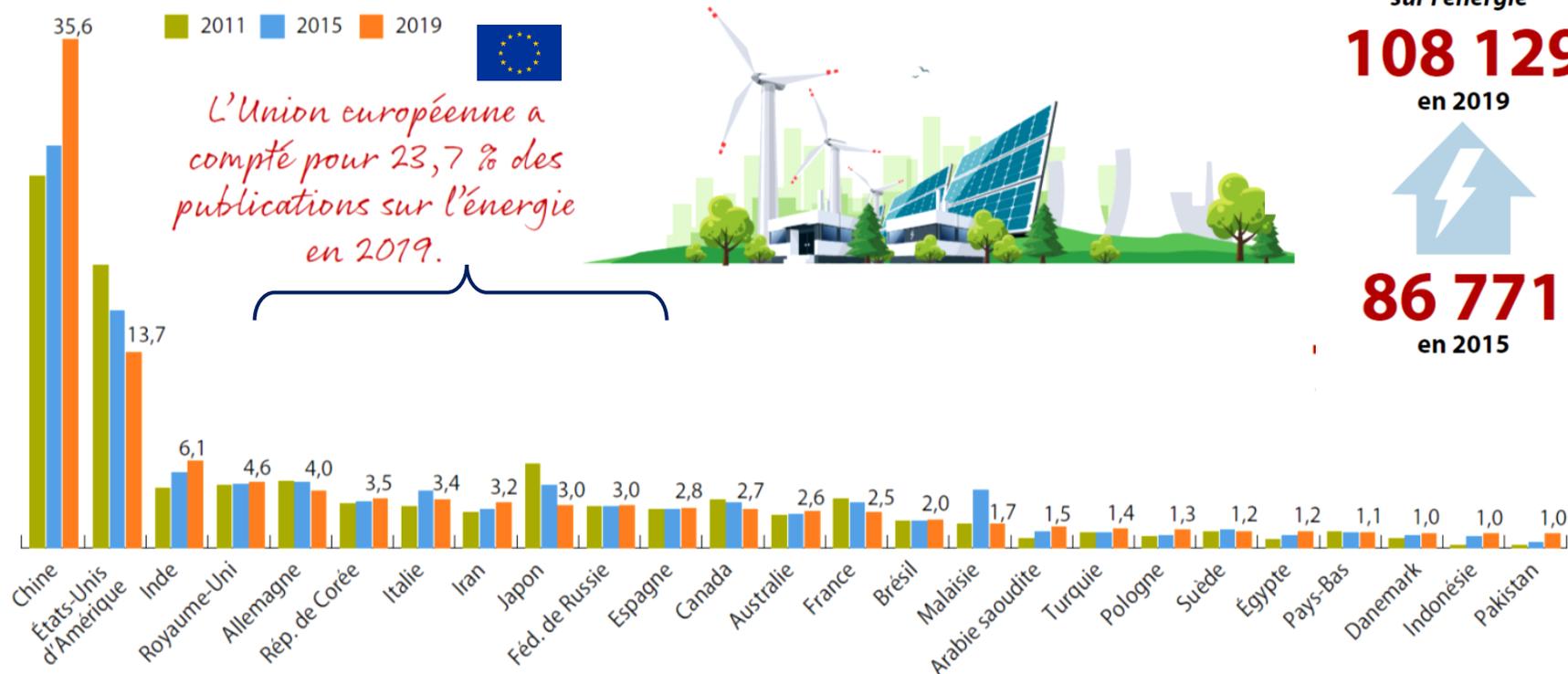
Source : rapport de l'Unesco sur la science - 2021 https://fr.unesco.org/rapport_unesco_science/collection

Zoom sur l'évolution et la répartition internationale des publications scientifiques sur l'énergie

Avec plus du tiers des publications mondiales en énergie, la Chine (35,6%), est leader devant l'Union européenne (23,7%), les Etats-Unis (13,7%) et l'Inde (6,1%)

Part des publications mondiales sur l'énergie, 2011, 2015 et 2019 (%)

Parmi les pays dont la part était d'au moins 1,0 % en 2019 ; les étiquettes de données concernent l'année 2019



Publications mondiales sur l'énergie

108 129

en 2019



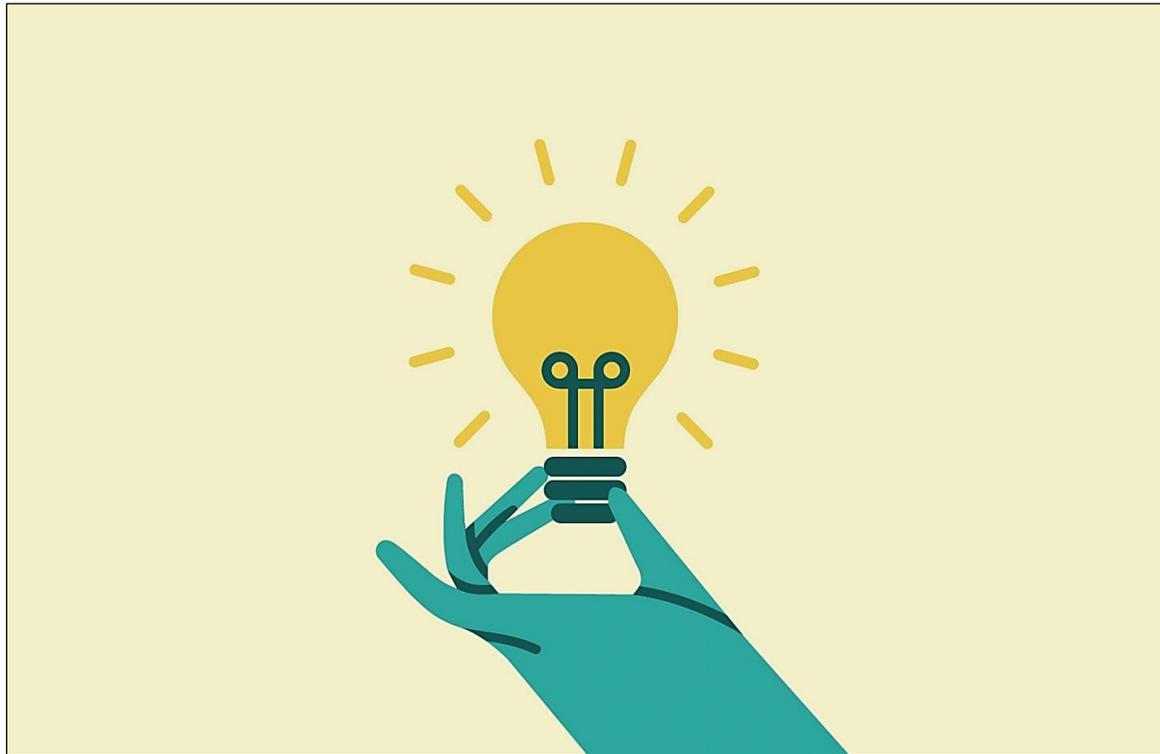
86 771

en 2015

Source : rapport de l'Unesco sur la science - 2021 https://fr.unesco.org/rapport_unesco_science/collection

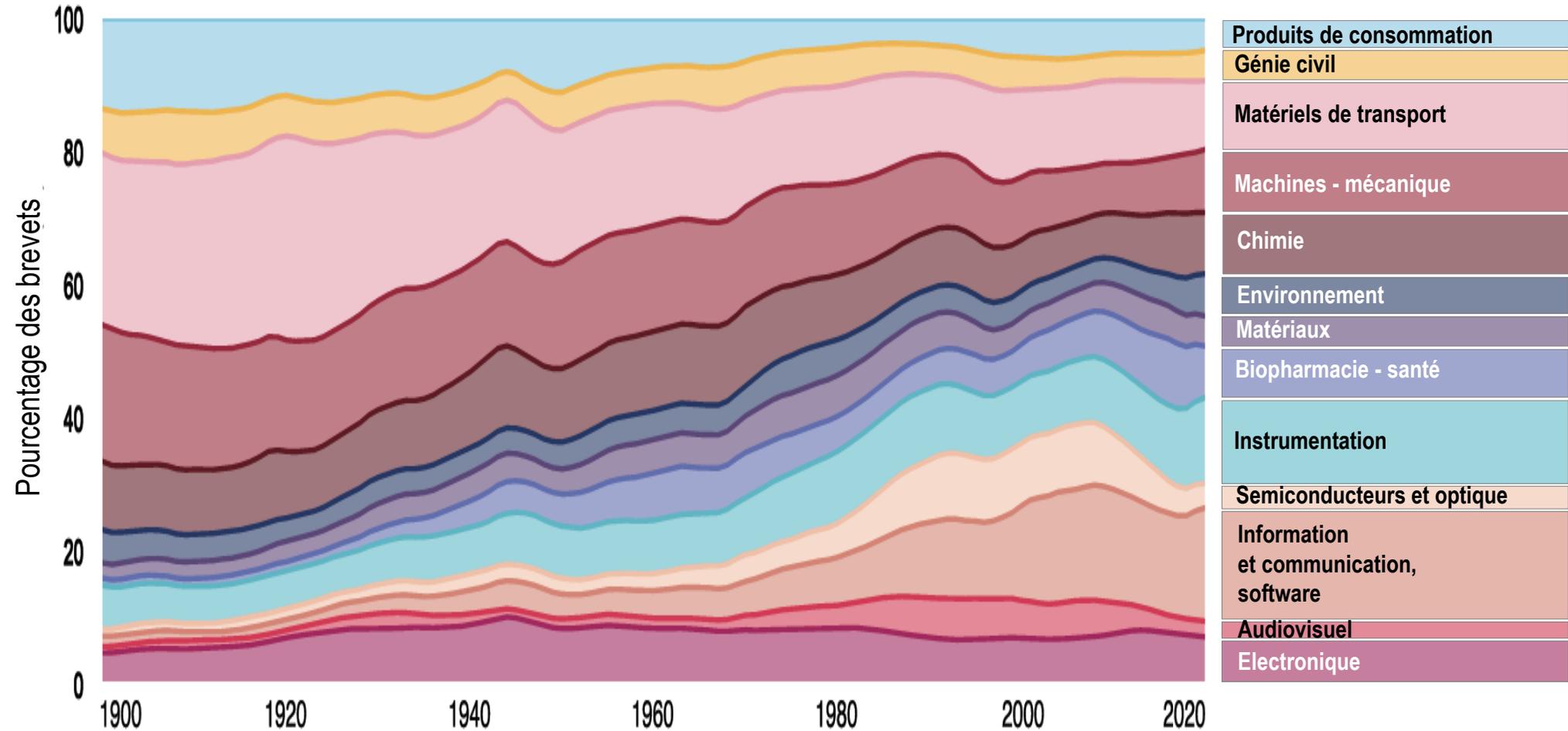
5

Répartition et évolution des dépôts de brevets



Un siècle d'évolution de la répartition des brevets par domaines technologiques

Progression spectaculaire des logiciels, de l'instrumentation et de la santé,
tassement des transports, de la mécanique, des produits de consommation

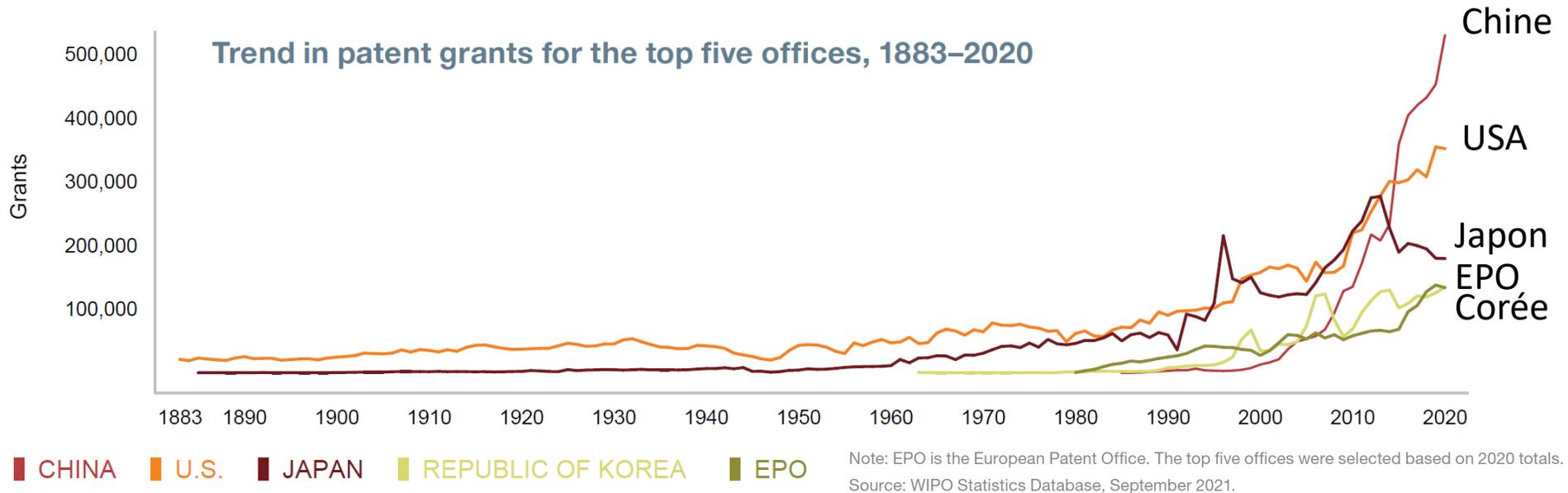


Source: European Patent Office (EPO) Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT, October 2021).

Notes: Based on WIPO technological fields.

Evolution du nombre de brevets délivrés aux Etats-Unis, en Chine, au Japon, en Corée et par l'Office européen des brevets (EPO)

(En Europe, des brevet sont également délivrés par les offices de brevets nationaux)



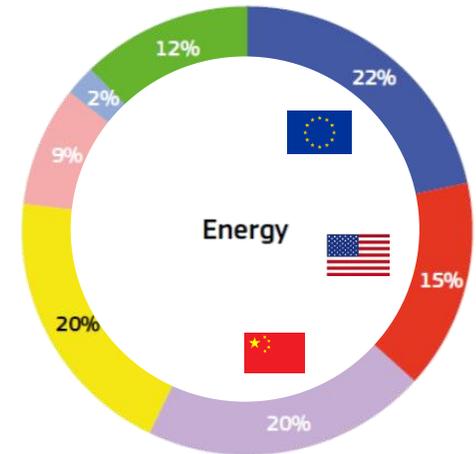
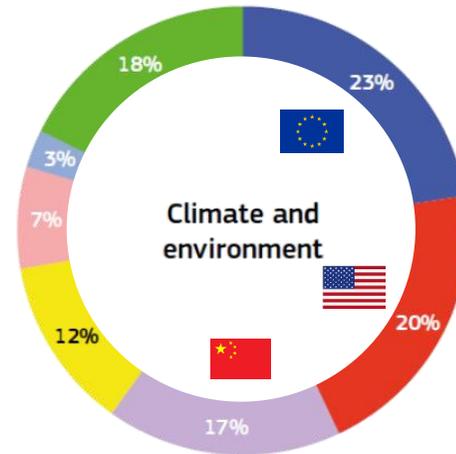
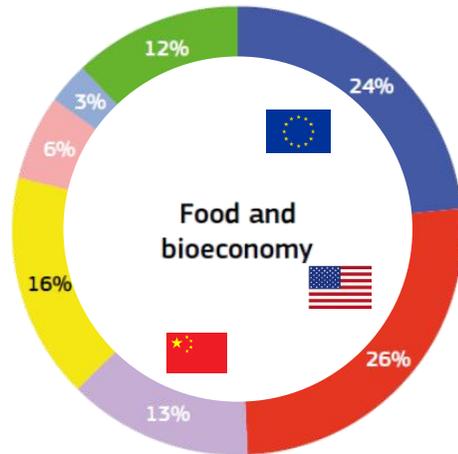
Les brevets accordés en Chine ne sont pas directement comparables aux brevets occidentaux du fait qu'ils peuvent être plus ciblés. Un même système technique pourra être couvert par plusieurs brevets en Chine contre un seul en Europe. Cette spécificité explique en partie l'importance du nombre de brevets en Chine. Elle disparaît pour les dépôts internationaux, les offices de brevets ayant les mêmes règles.

Ainsi, bien que la Chine accorde huit fois plus d'applications de brevets que l'Allemagne, les deux pays ont le même nombre de brevets à l'international (100 000 environ pour chacun). Cette particularité concerne aussi à moindre titre les autres brevets asiatiques, notamment Japon, Corée et Taiwan.

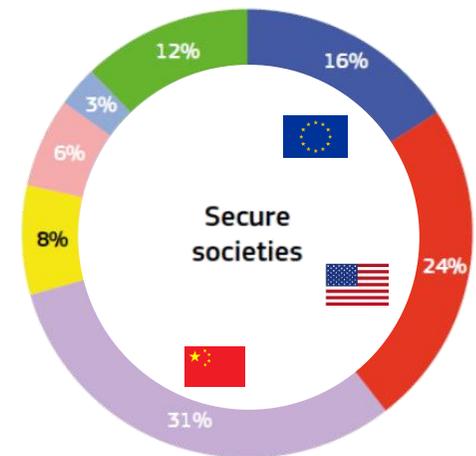
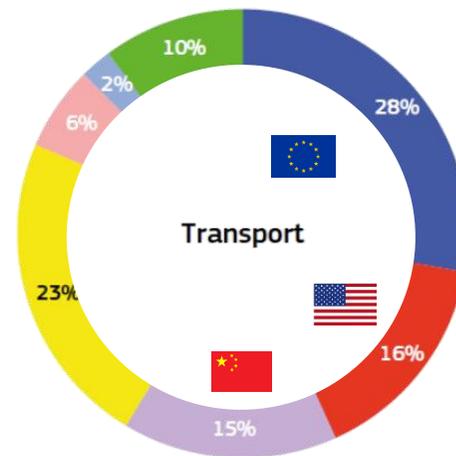
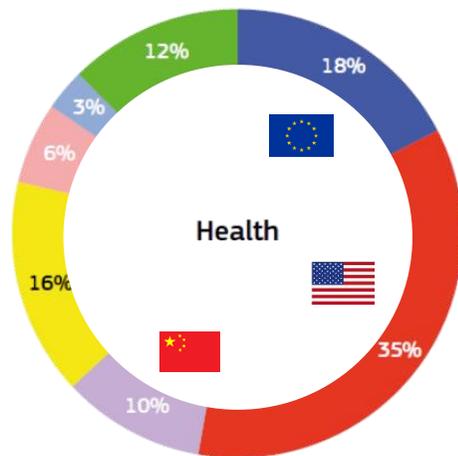
<https://www.wipo.int/patentscope/en/>

Répartition des brevets internationaux des grands pays selon les grandes enjeux sociaux

Alimentation
Climat et
environnement
Energie



Santé
Transport
Sécurité



Source: Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

Répartition des brevets dans les hautes technologies entre les grands pays déposants

Leadership américain :

Nanotechnologies

Biotechnologies

Sécurité

Big data

Leadership européen :

Industrie avancée 4.0

Internet of Things - IoT

Mobilités

Leadership japonais :

Matériaux avancés

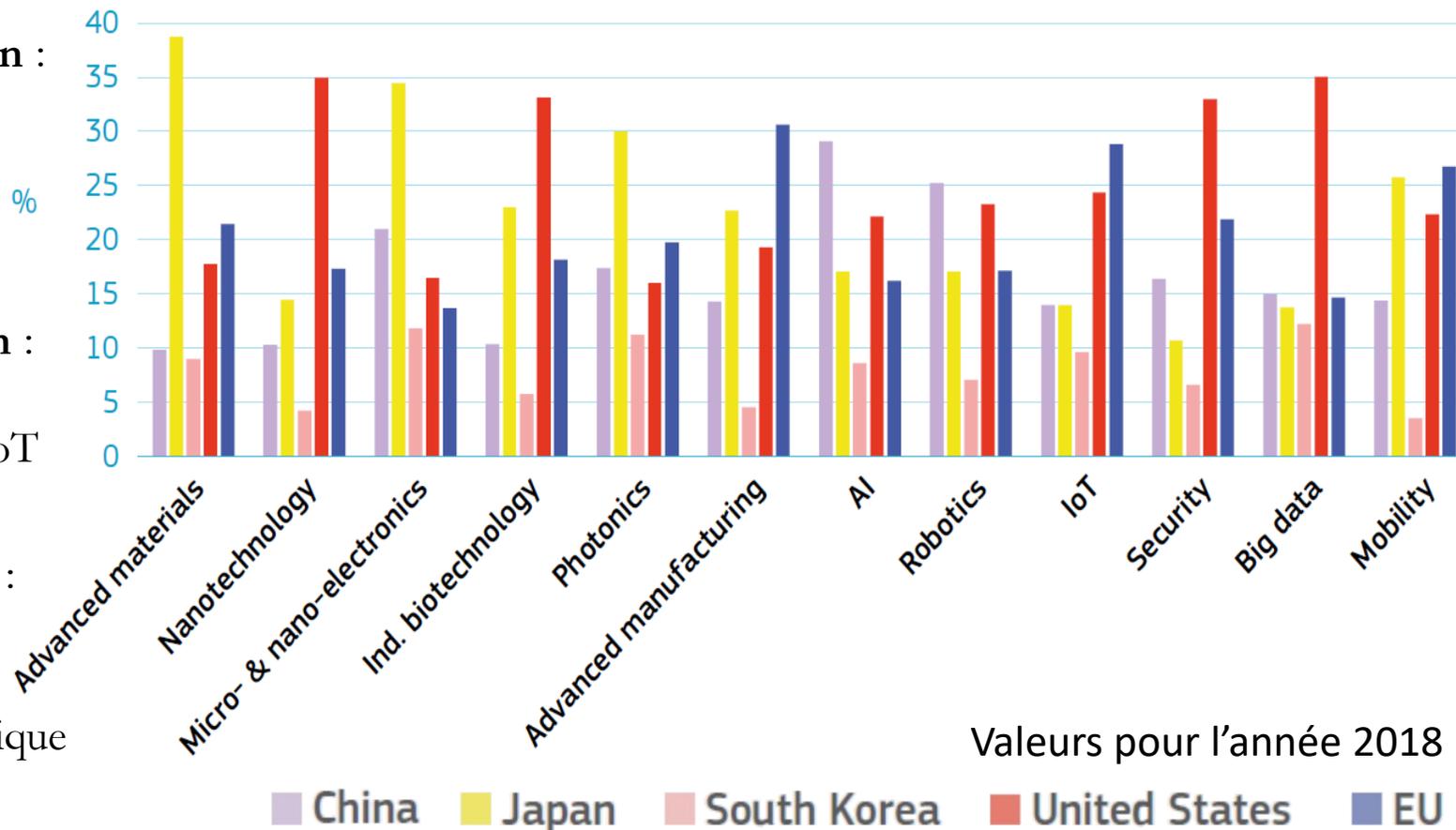
Photonique

Micro et nanoélectronique

Leadership chinois :

Intelligence artificielle

Robotique



Valeurs pour l'année 2018

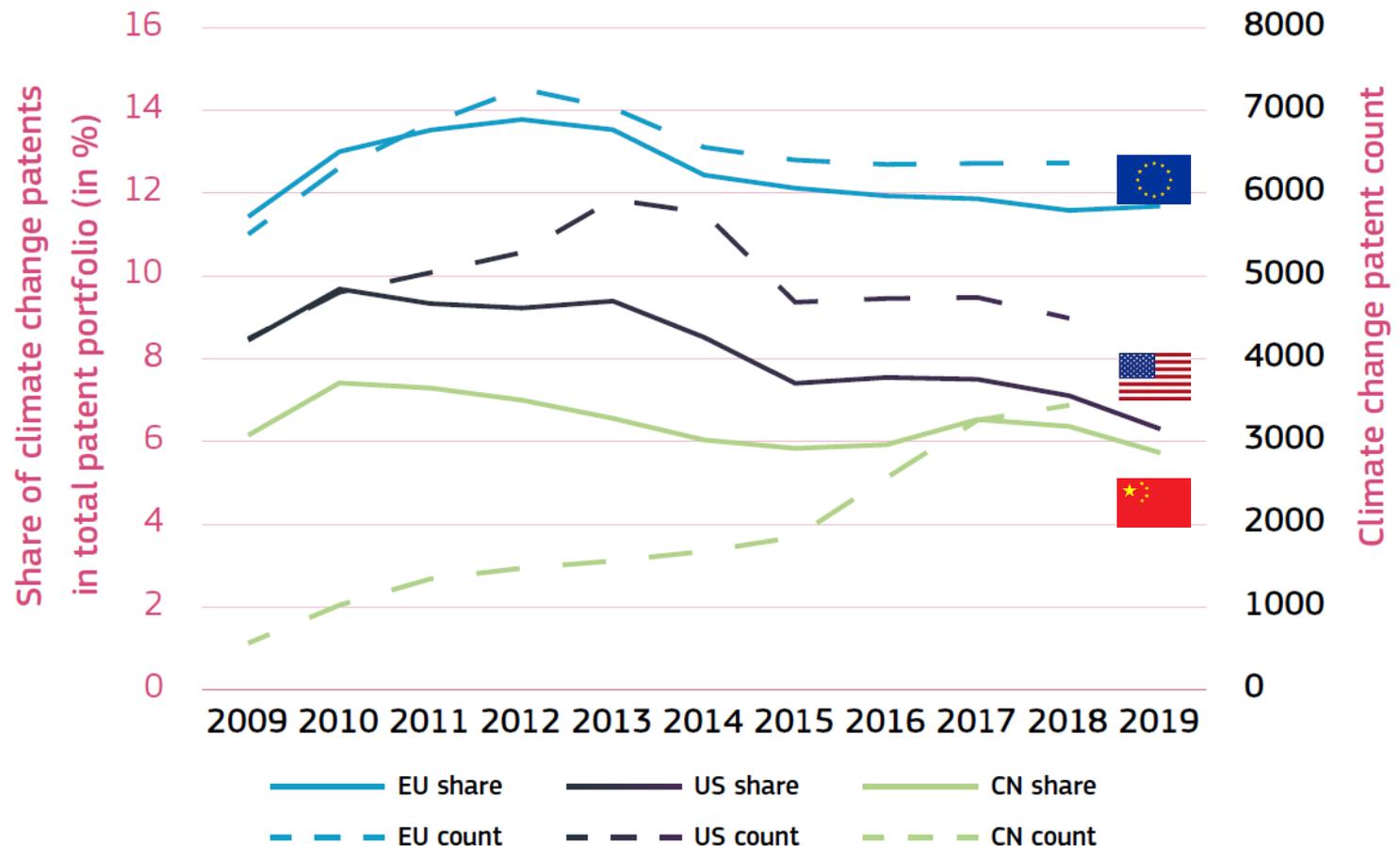
Science, Research and Innovation Performance of the EU 2022

Source: ATI Project.

Stat. link: <https://ec.europa.eu/assets/rtd/srip/2022/figure-2-1-7.xlsx>

Evolution des brevets déposés dans le domaine de la lutte contre le changement climatique

L'Europe maintient un leadership dans les dépôts de brevets portant sur le changement climatique par rapport aux Etats-Unis et à la Chine.



Source: PATSTAT data prepared in collaboration with ECOOM

Note: The dotted lines show the number of green patents (right axis); the solid lines show the percentage share of green patents in the total portfolio of domestic patents (left axis). The left panel shows Patent Cooperation Treaty (PCT) data, while the right panel shows EPO patent applications. In order to assess the performance of Europe in green innovation, we build on the methodology of Hašič and Migotto (2015) to classify the patented inventions.

Stats.: <https://ec.europa.eu/assets/rtd/srip/2022/figure-13-15.xlsx>

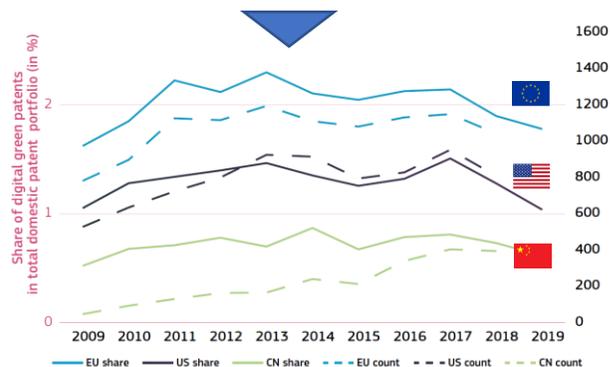
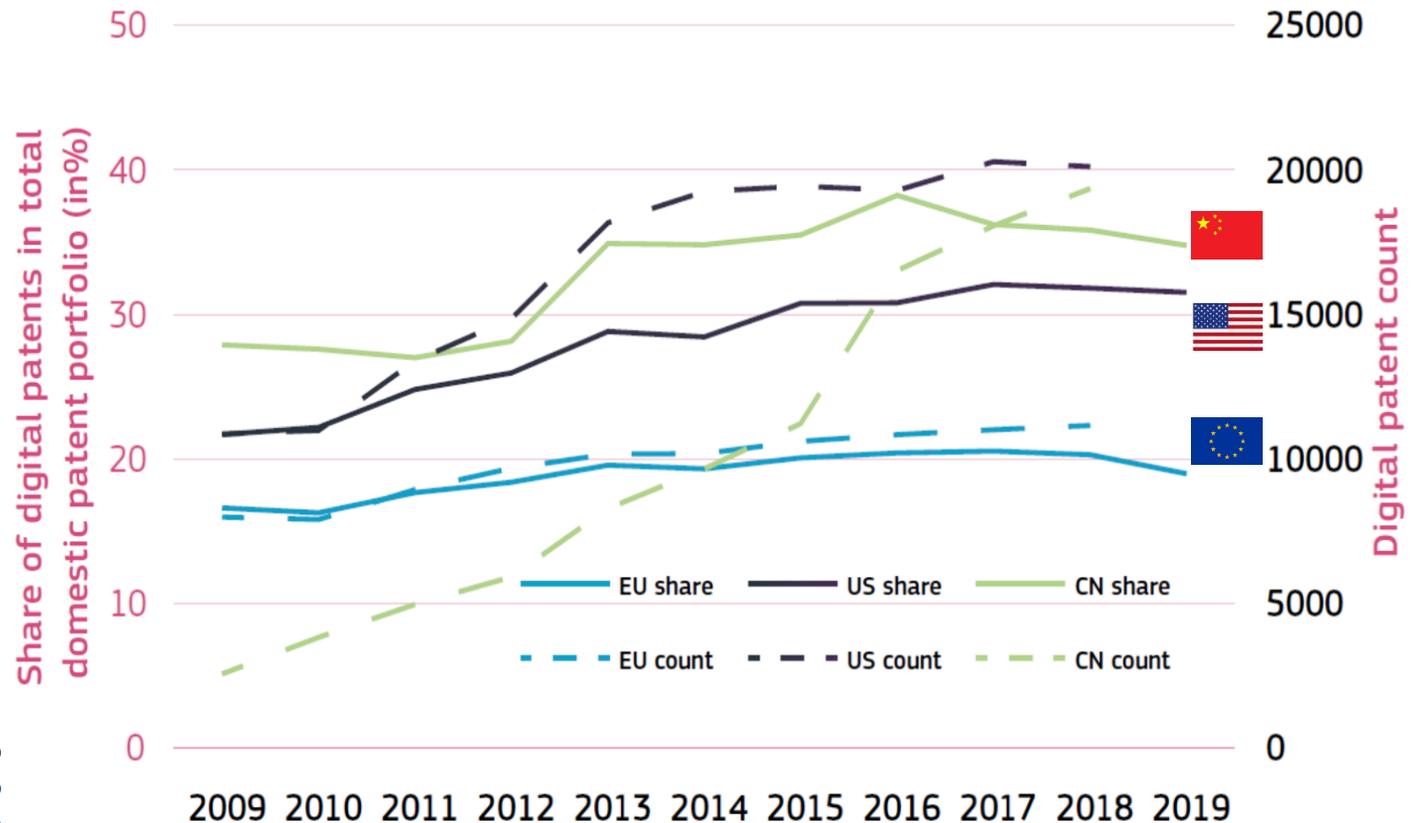
<https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html>

Evolution des brevets déposés dans le domaine du digital

Extrême concentration des dépôts de brevets dans le domaine digital répartis entre la Chine (35% des dépôts) et les Etats-Unis (32%).

L'Europe en net retrait avec 20%.

Mais l'Europe est leader dans le domaine spécifique des dépôts de brevets du digital appliqués au développement durable.



<https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html>

Source: PATSTAT data prepared in collaboration with ECOOM

Note: The dotted lines show the number of green patents (right axis); the solid lines show the percentage share of green patents in the total portfolio of domestic patents (left axis). The left panel shows Patent Cooperation Treaty (PCT) data, while the right panel shows EPO patent applications. In order to assess the performance of Europe in green innovation, we build on the methodology of Haščič and Migotto (2015) to classify the patented inventions.

Stats.: <https://ec.europa.eu/assets/rtd/srip/2022/figure-13-15.xlsx>

Les entreprises dépensant le plus en R&D dans le monde et celles ayant déposé le plus de brevet

Il n'y a pas de corrélation directe entre les niveaux de dépenses de R&D des entreprises leaders et de celles déposant le plus de brevets.

Ainsi, Alphabet, premier investisseur en R&D en 2020 n'est qu'à la 11^{ème} place en termes de brevets. Le premier déposant de brevets : IBM, ne figure pas dans les 20 premiers investisseurs en R&D. Amazon (analysé plus loin), malgré un budget considérable, n'est pas intégré dans la base CEE des investissements en raison de la non lisibilité de ses dépenses réelles en R&D. Il intervient en 15^{ème} position pour les dépôts de brevets.

Ces variations sont dues à des stratégies différentes de relation aux technologies, notamment développements propres, entraînant des dépôts de brevets ou achat de technologies externes, importants chez les GAFA.

Dépenses de R&D Les 20 premières entreprises en termes de dépenses de R&D Année 2020, budget en millions de \$

1	ALPHABET	22470,1
2	HUAWEI INVESTMEN	17460,1
3	MICROSOFT	16882,1
4	SAMSUNG ELECTROI	15894,9
5	APPLE	15281,6
6	FACEBOOK	15033,0
7	VOLKSWAGEN	13885,0
8	ROCHE	11246,7
9	INTEL	11047,2
10	JOHNSON & JOHNSC	9908,7
11	TOYOTA MOTOR	8619,8
12	DAIMLER	8441,0
13	BRISTOL-MYERS SQL	8409,3
14	MERCK US	8331,0
15	PFIZER	7837,2
16	BAYER	7704,0
17	ALIBABA GROUP HO	7137,6
18	NOVARTIS	7113,5
19	BMW	6279,0
20	HONDA MOTOR	6225,2

Nombre de brevets Les 20 premières entreprises en termes de dépôts de brevets Année 2021, en nombre de brevet déposés aux Etats-Unis

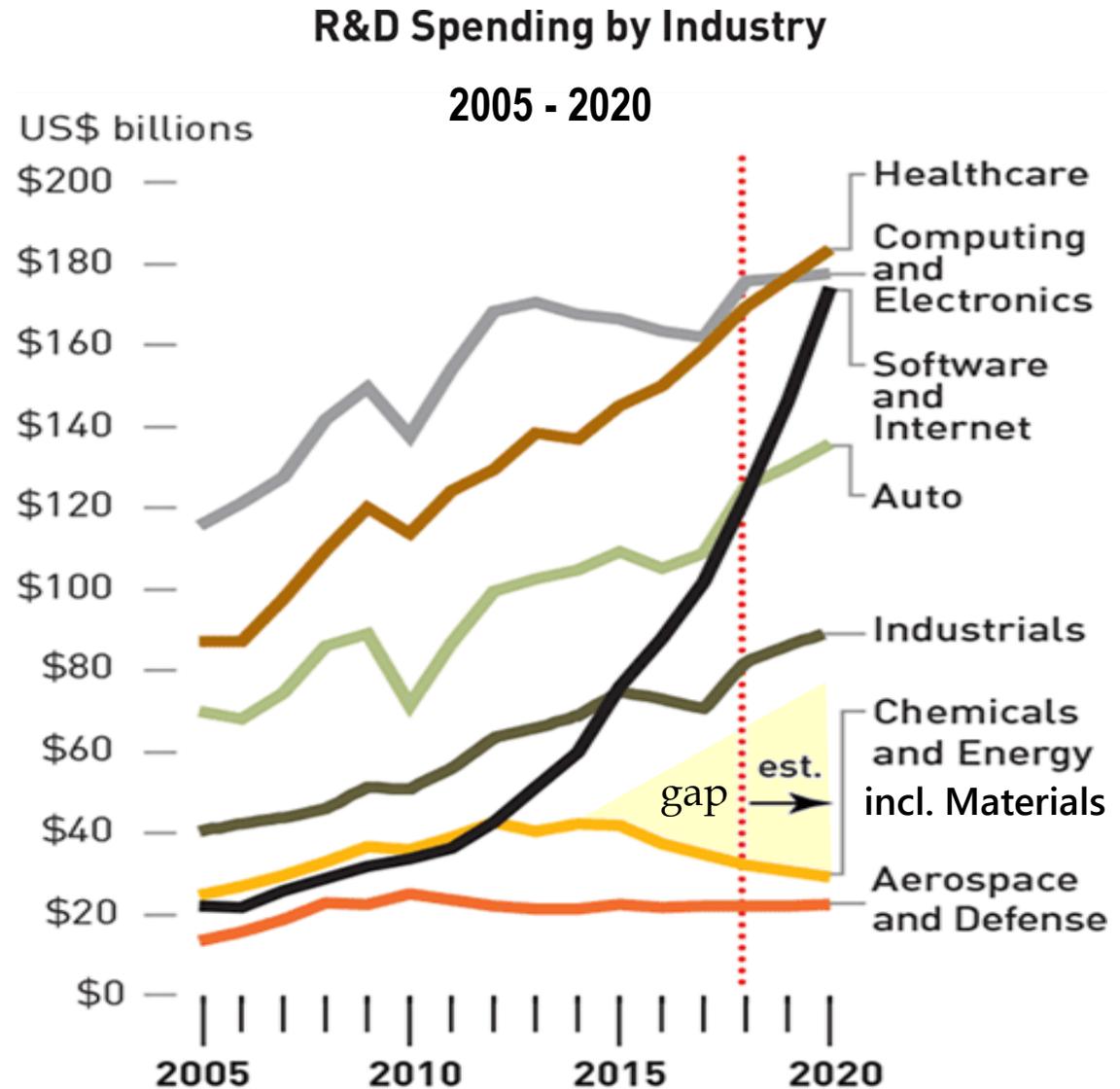
1	IBM	8540
2	SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.	8517
3	LG CORPORATION	4388
4	CANON K.K.	3400
5	HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.	2955
6	INTEL CORPORATION	2835
7	TAIWAN SEMICONDUCTOR	2807
8	TOYOTA JIDOSHA K.K.	2753
9	RAYTHEON TECHNOLOGIES	2694
10	SONY CORPORATION	2624
11	APPLE INC.	2591
12	MICROSOFT CORPORATION	2453
13	QUALCOMM	2165
14	BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.	2141
15	AMAZON.COM, INC.	2110
16	DELL TECHNOLOGIES	2053
17	ALPHABET INC.	2015
18	MICRON TECHNOLOGY INC.	1798
19	PANASONIC CORPORATION	1715
20	FORD MOTOR COMPANY	1675

6 Répartition internationale et évolution sectorielle de la R&D



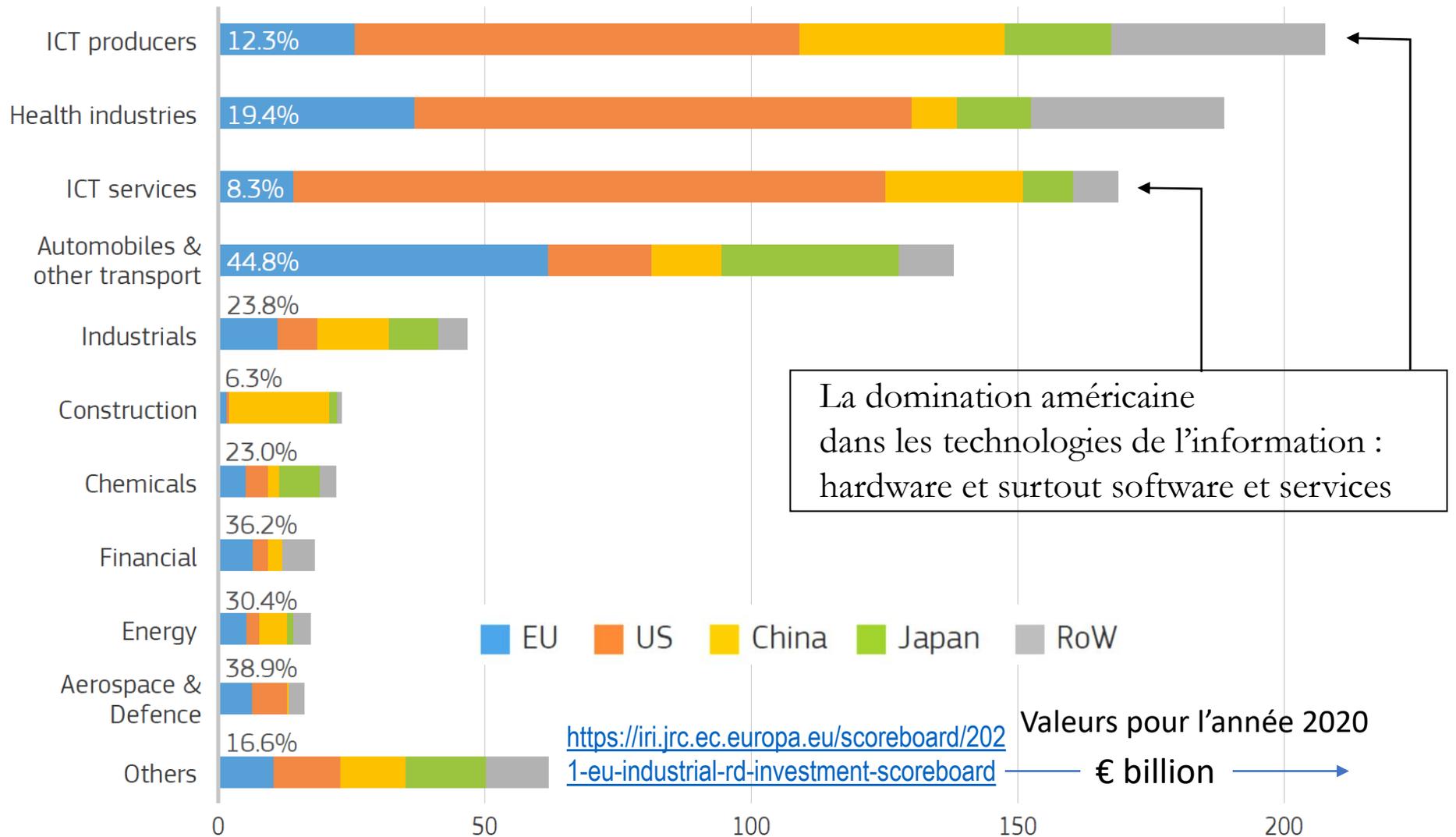
L'évolution des dépenses de R&D mondiales par secteur applicatif : 2005 - 2020

- Forte croissance de la santé
- Explosion des logiciels et de l'Internet
- Pause dans le secteur aérospatial - défense
- Baisse et retard pris dans les secteurs chimie, énergie, matériaux, pourtant essentiels compte tenu de l'urgence climatique



Source: Capital IQ data, Thomson Reuters Eikon data, Strategy& analysis

Répartition en valeur absolue des investissements mondiaux de R&D par secteur : poids respectif de l'Europe, des Etats-Unis, de la Chine, du Japon et du reste du monde



La domination américaine dans les technologies de l'information : hardware et surtout software et services

A partir de la base des 2 500 entreprises investissant le plus en R&D dans le monde, soit > 90% des investissements totaux

Note: Percentages reported represent the shares of EU companies R&D in each sector.

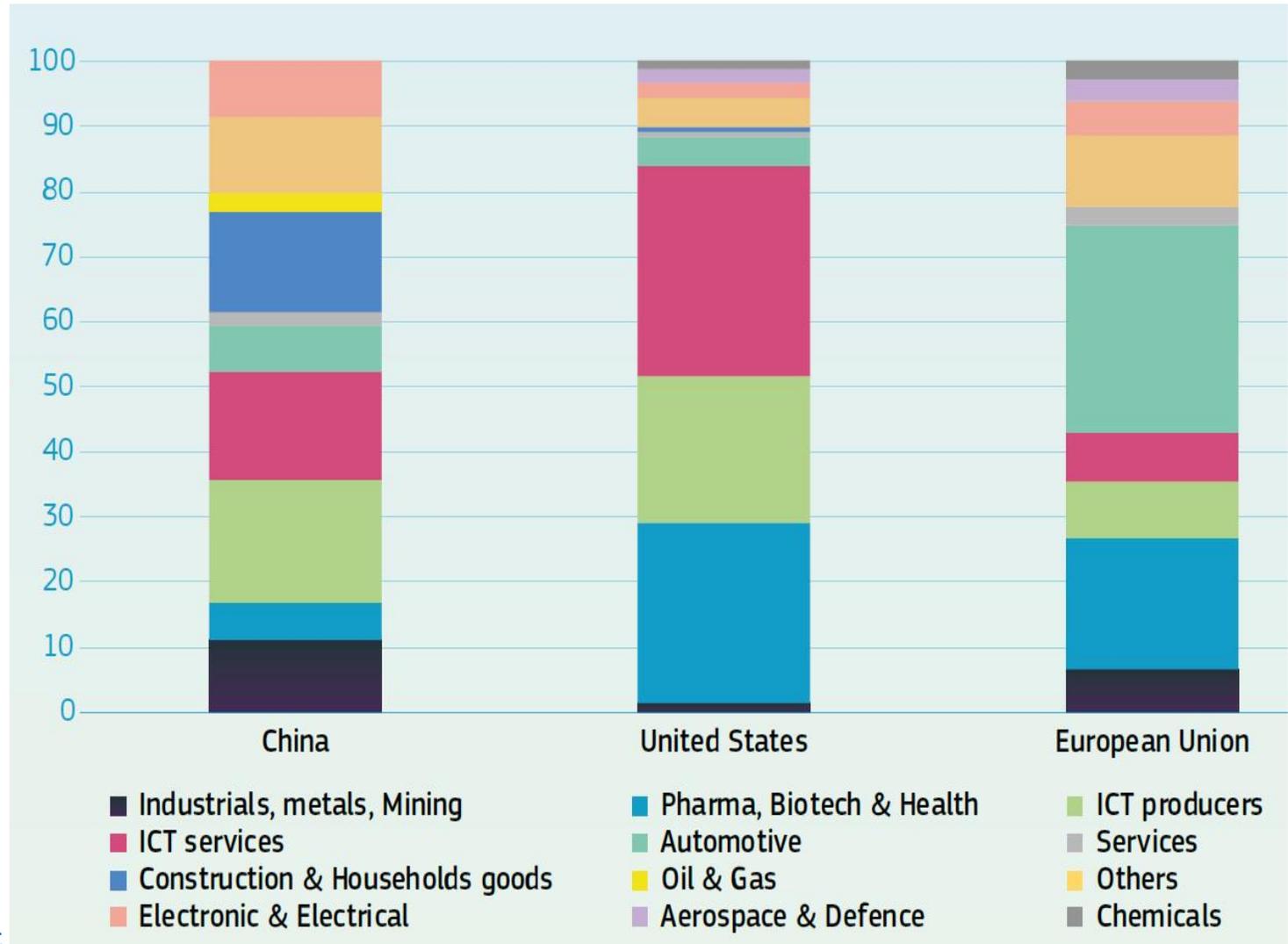
Source: The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, European Commission, JRC/DG RTD.

Répartition sectorielle des investissements en R&D des grandes entreprises européennes, américaines et chinoises

(entreprises faisant partie des 2 500 entreprises investissant le plus en R&D dans le monde)

La répartition sectorielle des dépenses de R&D montre des spécialisations très différentes entre les Etats-Unis, l'Europe et la Chine :

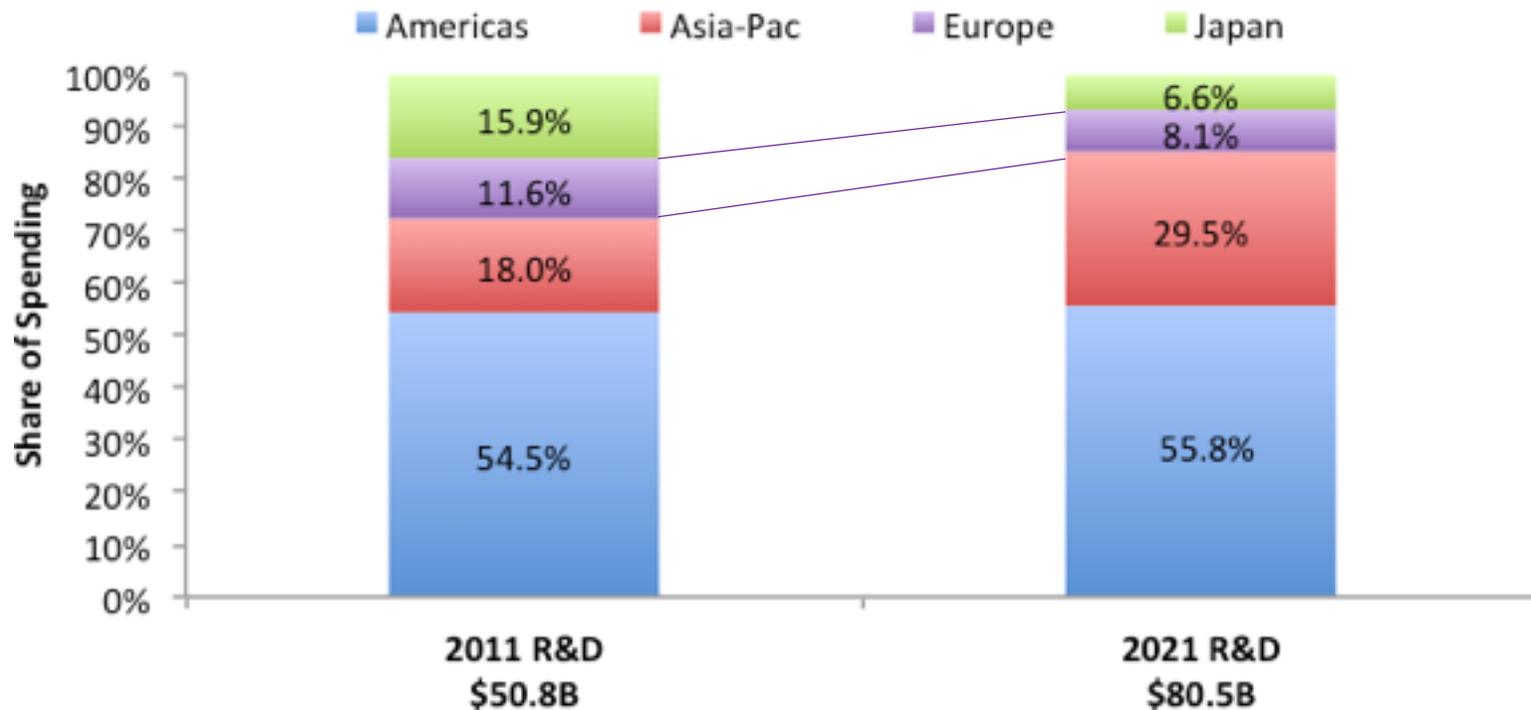
- Présence chinoise dans tous les secteurs et seul dans la R&D du BTP
- Focalisation des Etats-Unis sur les produits et services d'information, communication et santé
- Focalisation européenne sur les transports. Forte présence dans la santé, grande faiblesse dans les produits et services ICT



La grande faiblesse européenne dans la R&D dans les semi-conducteurs

Diminution de 11,6% des dépenses de R&D mondiale en 2011 à 8,1% en 2021

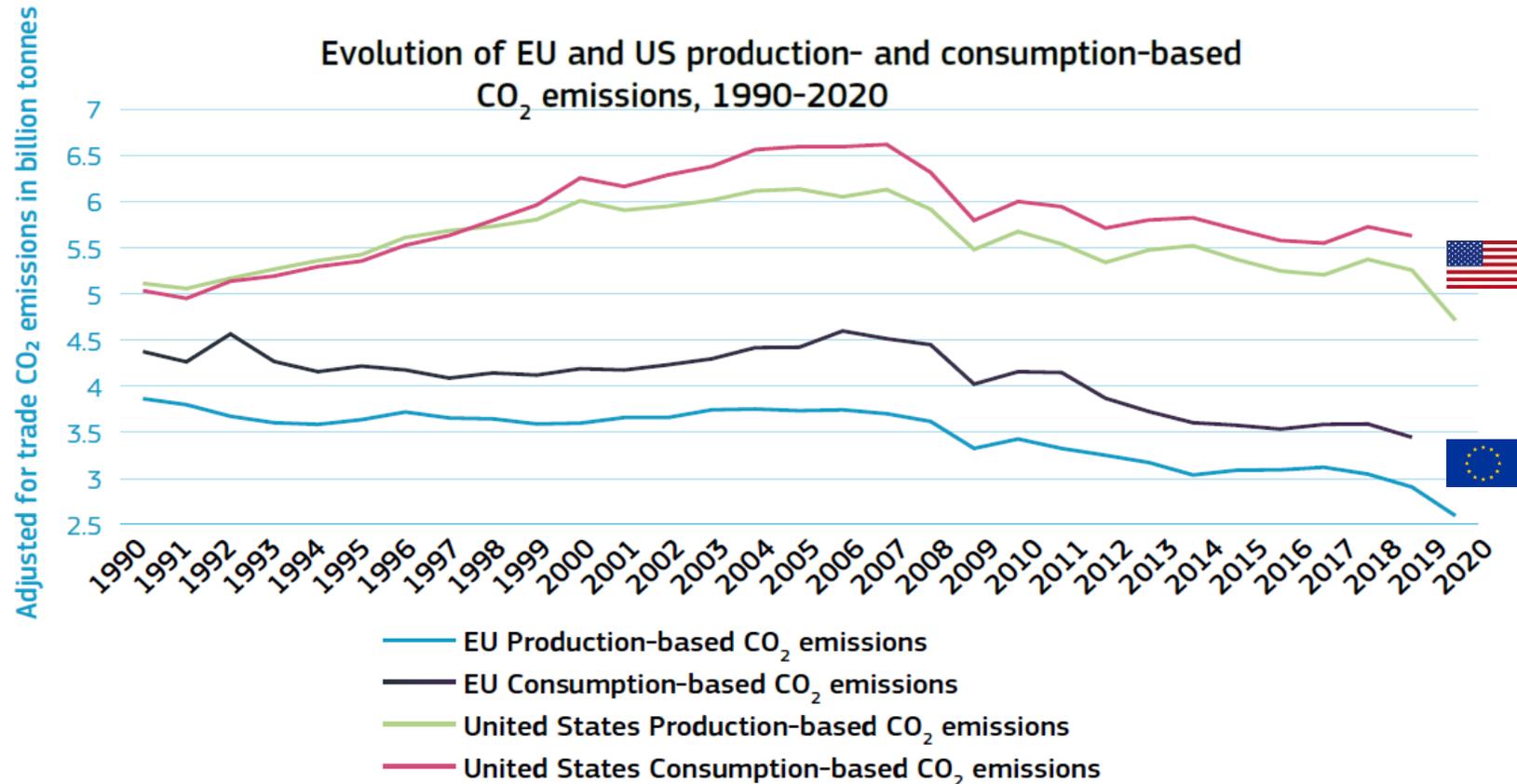
Dépenses de R&D des entreprises sur les semi-conducteurs selon leur pays d'origine



Source: Company reports, IC Insights

L'Europe est beaucoup plus avancée que les Etats-Unis dans la réduction des émissions de CO₂

(Milliards de tonnes de CO₂)



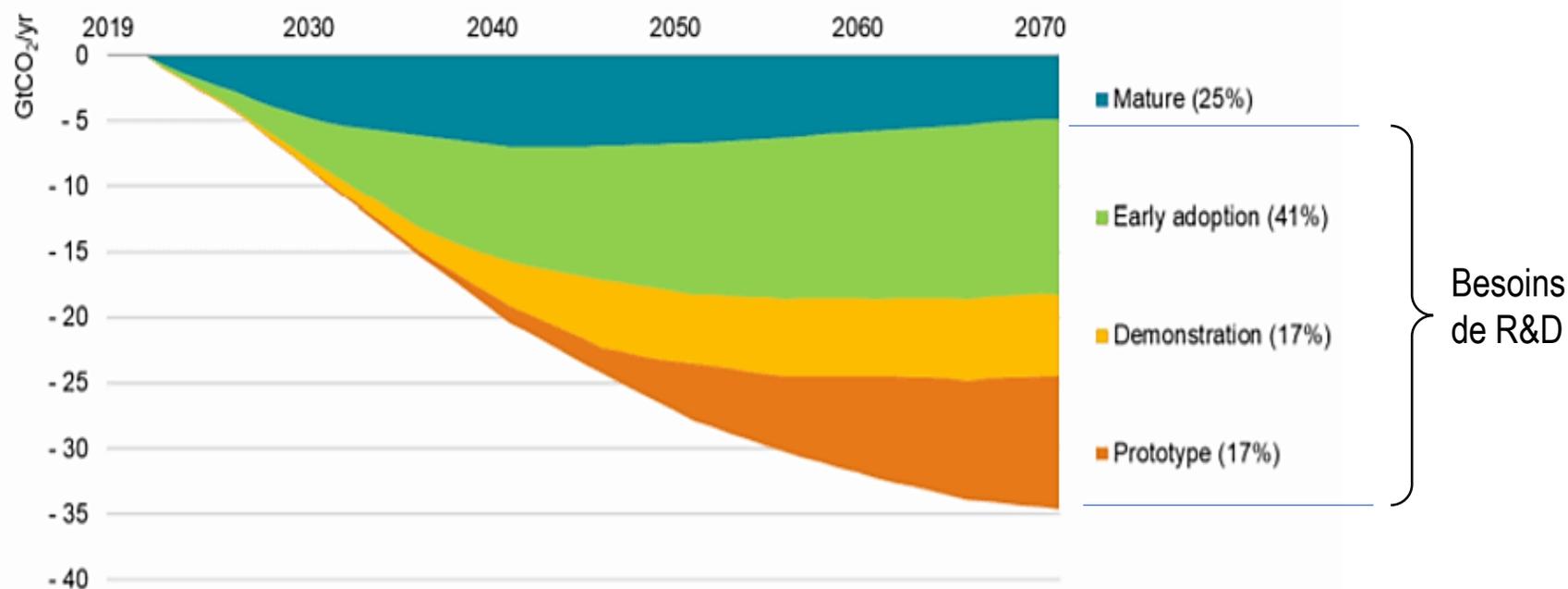
Science, Research and Innovation Performance of the EU 2022

Source: DG Research and Innovation, Chief Economist – R&I Strategy & Foresight Unit based on Our World In Data and Global

La plupart des nouvelles technologies devant permettre de lutter contre le réchauffement climatique sont encore expérimentales et leur viabilité économique n'est pas toujours démontrée

L'Agence Internationale de l'Énergie estime à 65 milliards de \$ le retard de dépenses de R&D au-delà des dépenses actuellement engagées, pour les valider en réduire le coût et pouvoir les déployer afin de tenir l'objectif Net Zero 2050

CO₂ emissions reductions by technology readiness category in the Sustainable Development Scenario



IEA 2020. All rights reserved.

Notes: Percentages refer to cumulative emissions reductions by 2070 between the Sustainable Development Scenario and baseline trends enabled by technologies at a given level of maturity today.

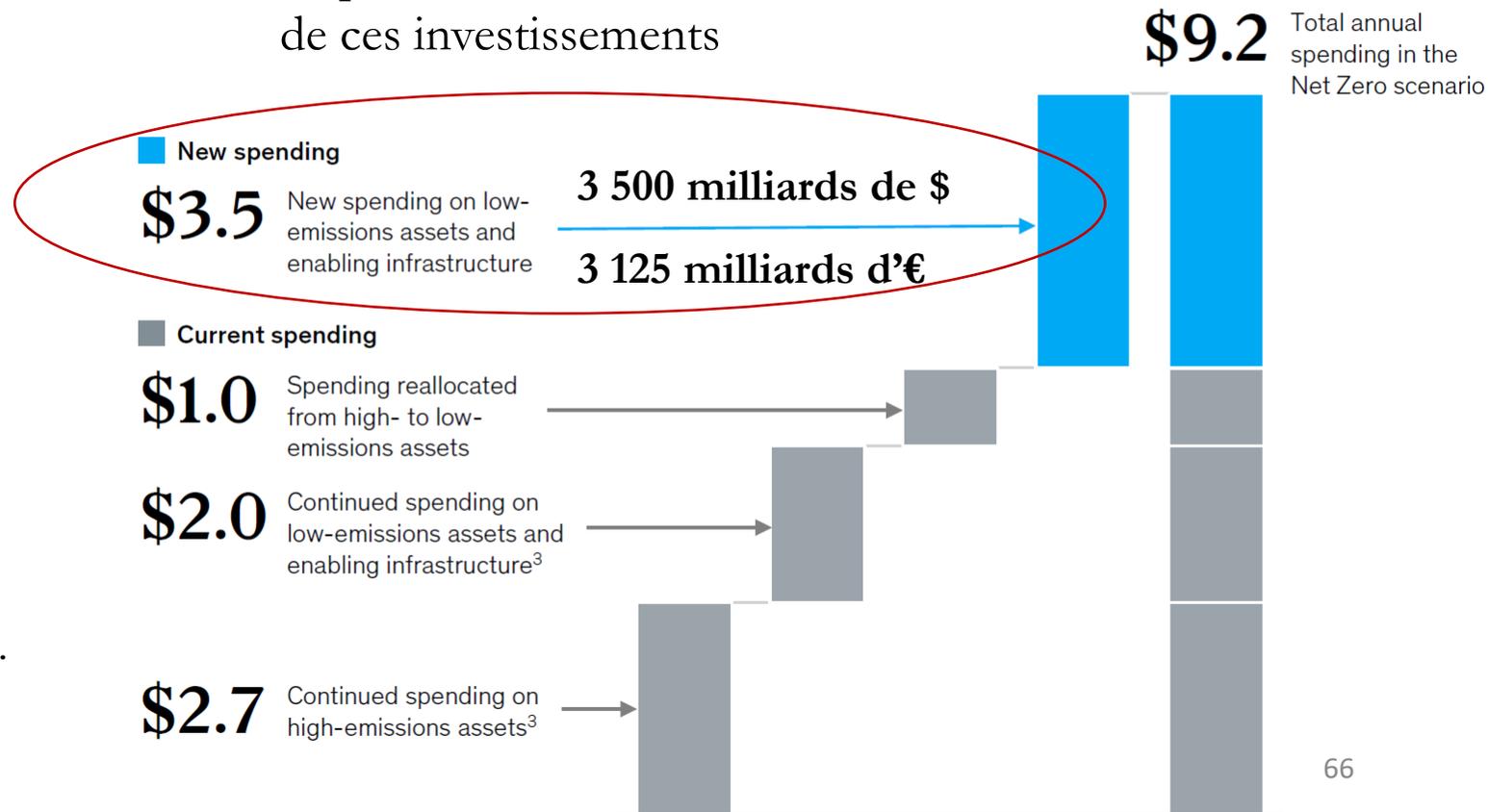
Les investissements globaux complémentaires nécessaires pour atteindre le Net Zero en 2050 s'élèvent au niveau mondial à 9 200 milliards d'euro par an* sur la période 2022 - 2050

soit + 3 125 milliards d'euros supplémentaires par an par rapport au niveau actuel

La part liée à la R&D (2 à 5%) jouera un rôle déterminant dans la pertinence et l'efficacité de ces investissements

D'après l'étude McKinsey « The Net-Zero transition », 2022

Une autre analyse, du réassureur Swiss Re, d'octobre 2022 donne une valeur un peu supérieure, de 10 000 milliards d'euros par an.



7

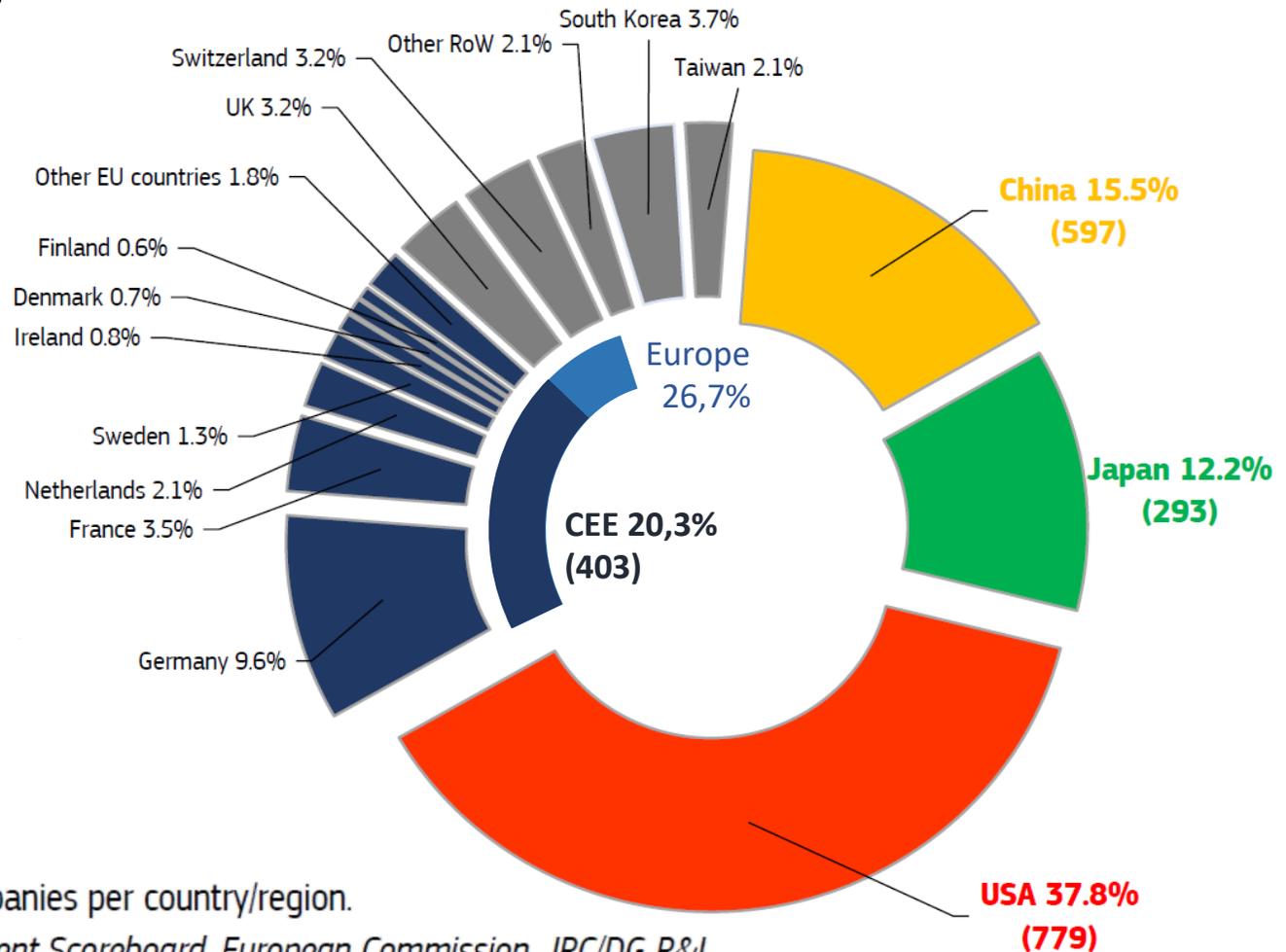
Financement des activités de R&D des entreprises



Investissements en R&D des entreprises : répartition mondiale

Pour ces dépenses de R&D des grandes entreprises, l'Europe géographique (26,7%) et la Communauté Européenne (20,3%) se situent après les Etats-Unis (37,8%) et avant la Chine (15,5%).

Investissements calculés sur la base des 2 500 entreprises investissant le plus en R&D dans le monde, soit > 90% des investissements totaux. Valeurs en % des investissements. Entre parenthèses, nombre d'entreprises concernées. Année fiscale 2020



Note: between brackets the number of companies per country/region.

Source: The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. European Commission. JRC/DG R&I.

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

Les dépenses de R&D croissent plus vite que l'ensemble de l'économie et devraient encore accélérer

Les dépenses de R&D ont poursuivi leur croissance pendant la crise Covid, malgré la baisse des PIB.

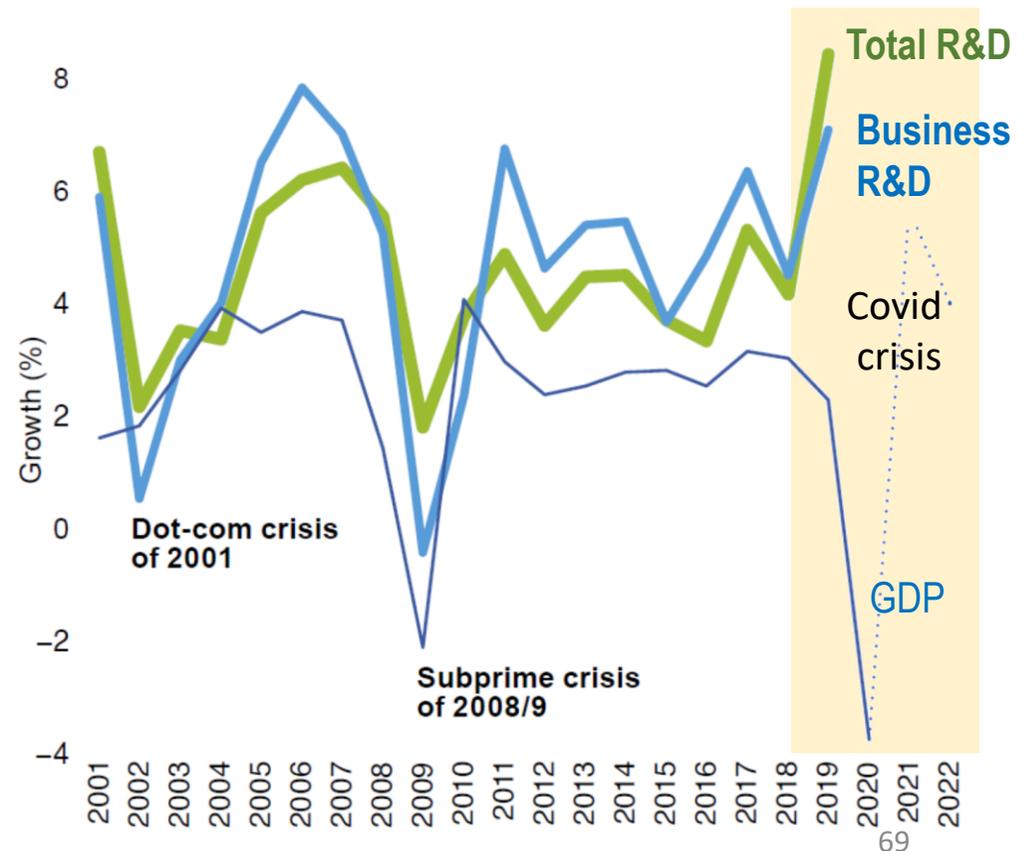
A partir d'une croissance moyenne de + 4 à 5% par an (pour une croissance du PIB des pays de l'OCDE de l'ordre de 3%) au cours des 20 dernières années, elles devraient progresser vers 7 à 8% par an pour la décennie à venir.

Source: Global innovation Index 2021

Tracking Innovation Through the COVID-19 Crisis, WIPO 2022

https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf

R&D and GDP growth, 2001–2022

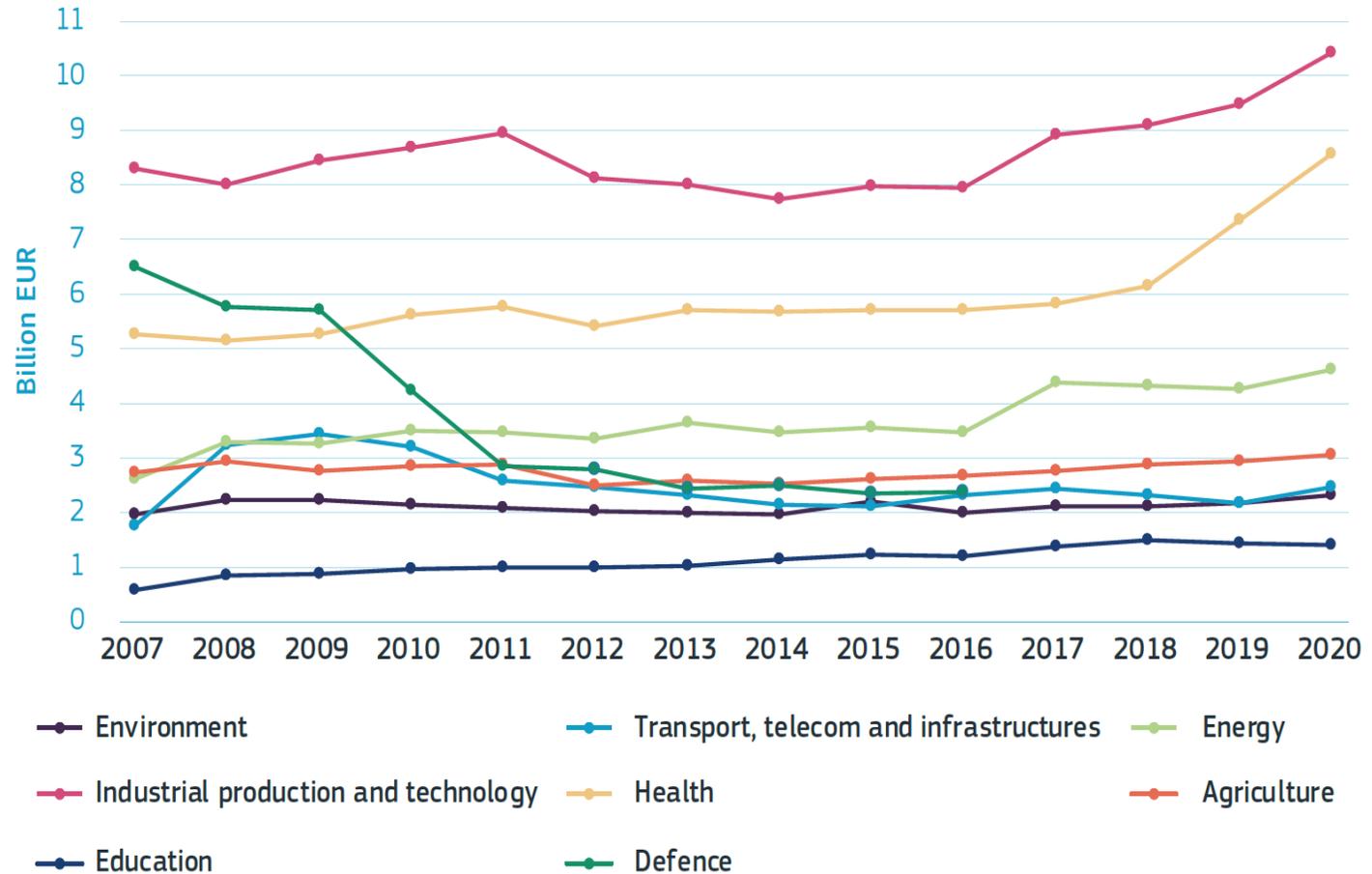


Evolution des dépenses publiques de R&D en Europe par grands objectifs

Au cours des 15 dernières années, les dépenses publiques européennes de R&D se sont concentrées sur les technologies génériques et industrielles, la santé, et à moindre titre sur l'énergie, trois postes qui ont fortement progressé.

Les dépenses de R&D de défense avaient fortement baissé, les autres postes étant en progression lente.

Les nouveaux défis écologiques, énergétiques, de défense et d'autonomie industrielle devraient faire progresser pratiquement tous les postes.



Science, Research and Innovation Performance of the EU 2022

Le support public à la R&D des entreprises dans le monde

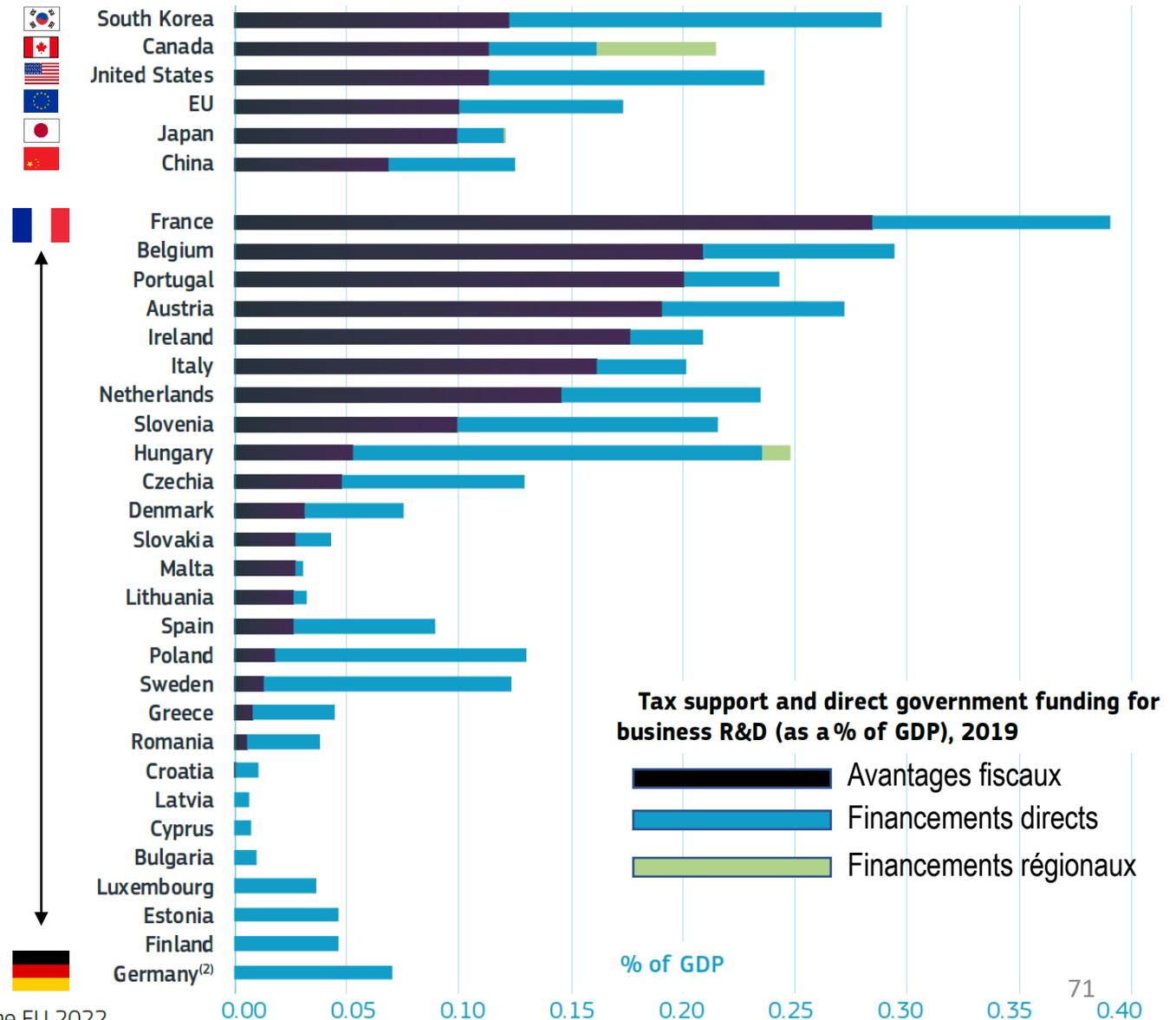
En % du PNB, le support public à la R&D des entreprises est de 35% supérieur aux Etats-Unis qu'en Europe, à la fois en aides fiscales, mais surtout en contrats directs, notamment du fait de la R&D à financement militaire.

En Europe, les modèles français et allemand sont à l'opposé, avec le plus fort soutien fiscal à la R&D en France (mais aussi les plus forts impôts de production lors du passage à l'industrialisation) et l'absence de soutien fiscal à la R&D en Allemagne (politique dite de neutralité fiscale : ni aide en amont, ni taxes en aval).

Cette différence se réduit avec la création expérimentale d'un crédit impôt recherche expérimental en Allemagne en 2020.

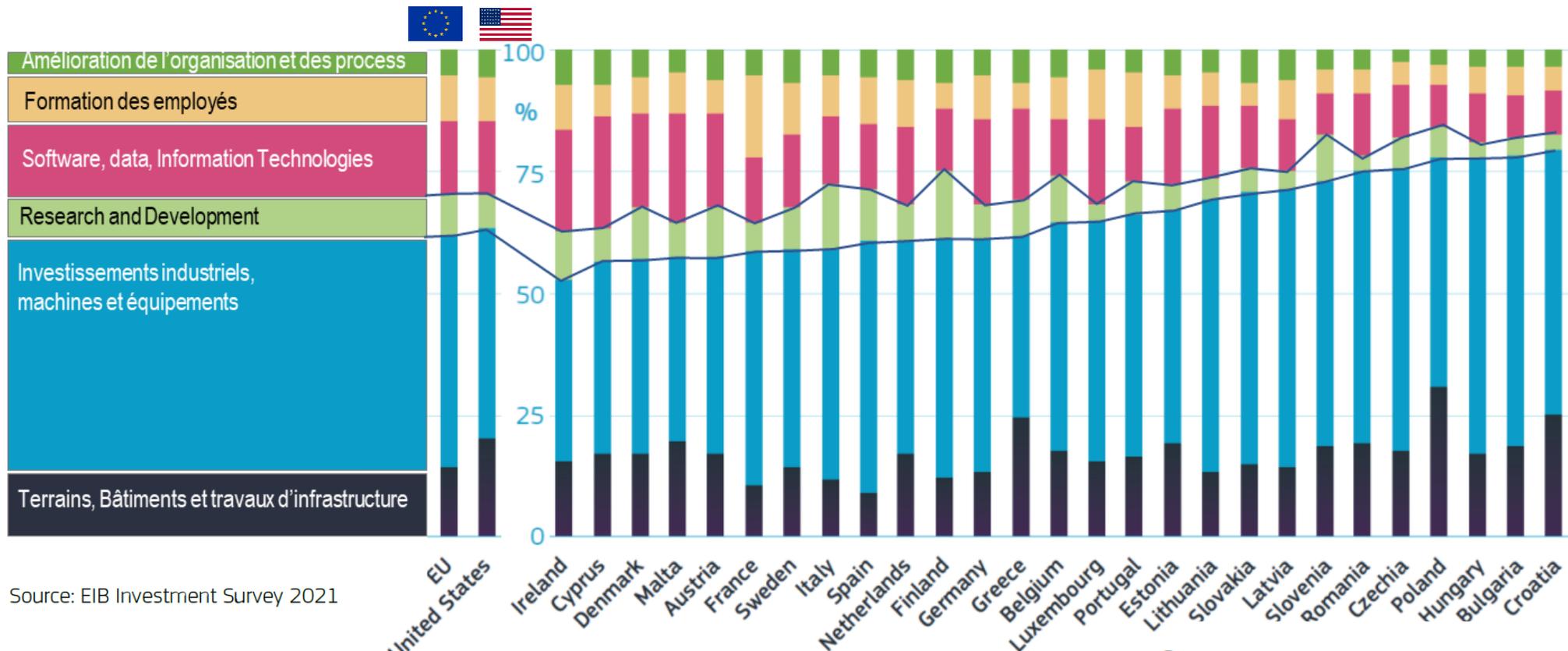
Les aides fiscales à la R&D évoluent constamment.

Voir étude annuelle de l'OCDE.



La part des investissements de R&D dans l'ensemble des investissements des entreprises des pays de l'Union européenne et des Etats-Unis

Cette analyse sépare les dépenses de R&D de celles des développements logiciels, de la formation des employés et des investissements industriels. Mais dans la pratique comptable des entreprises, selon les pays, il peut exister d'importants recouvrements entre ces catégories (regroupement de tout ce qui concerne le développement d'activités nouvelles pouvant inclure les coûts d'industrialisation). Cela peut rendre les comparaisons parfois peu significatives.

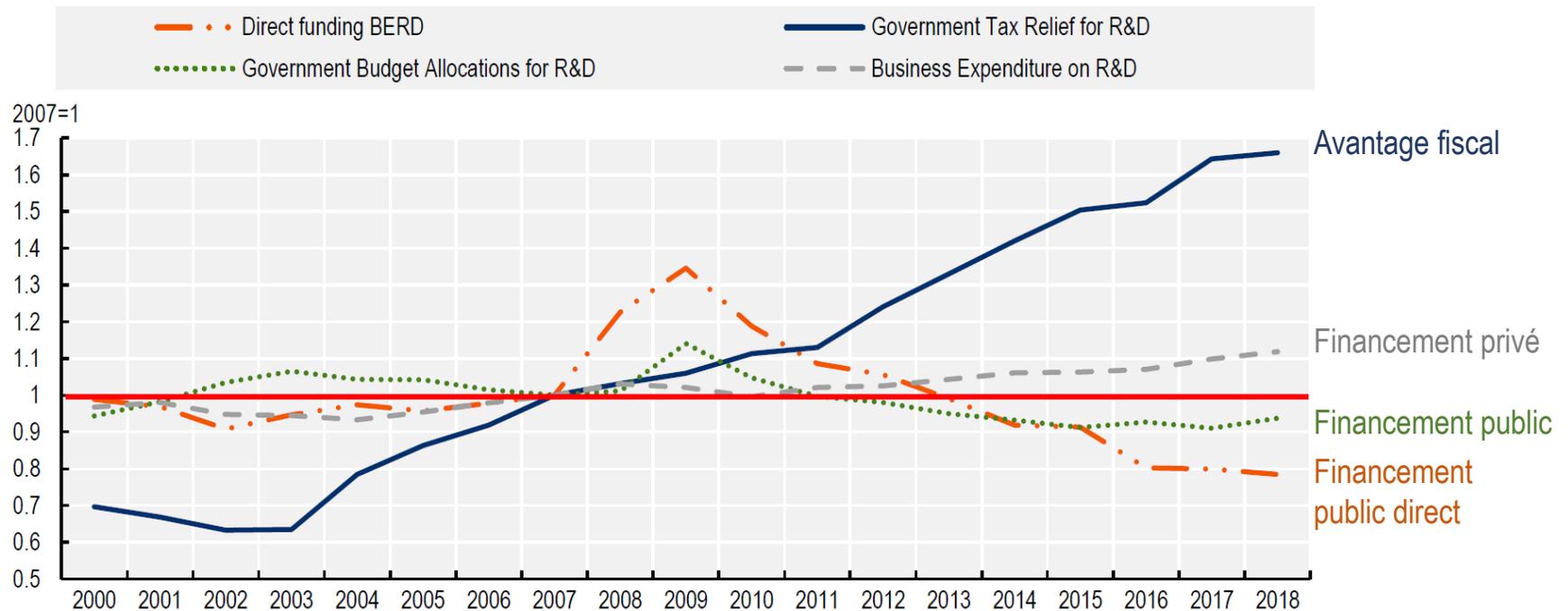


Source: EIB Investment Survey 2021

Source: BEI Investment Survey 2021 https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf et Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022 https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

L'évolution du financement de la R&D dans les pays développés : stagnation du financement public direct et croissance rapide des avantages fiscaux

Government funding of R&D in the OECD area, indexed values for key figures normalised by GDP, 2007=1



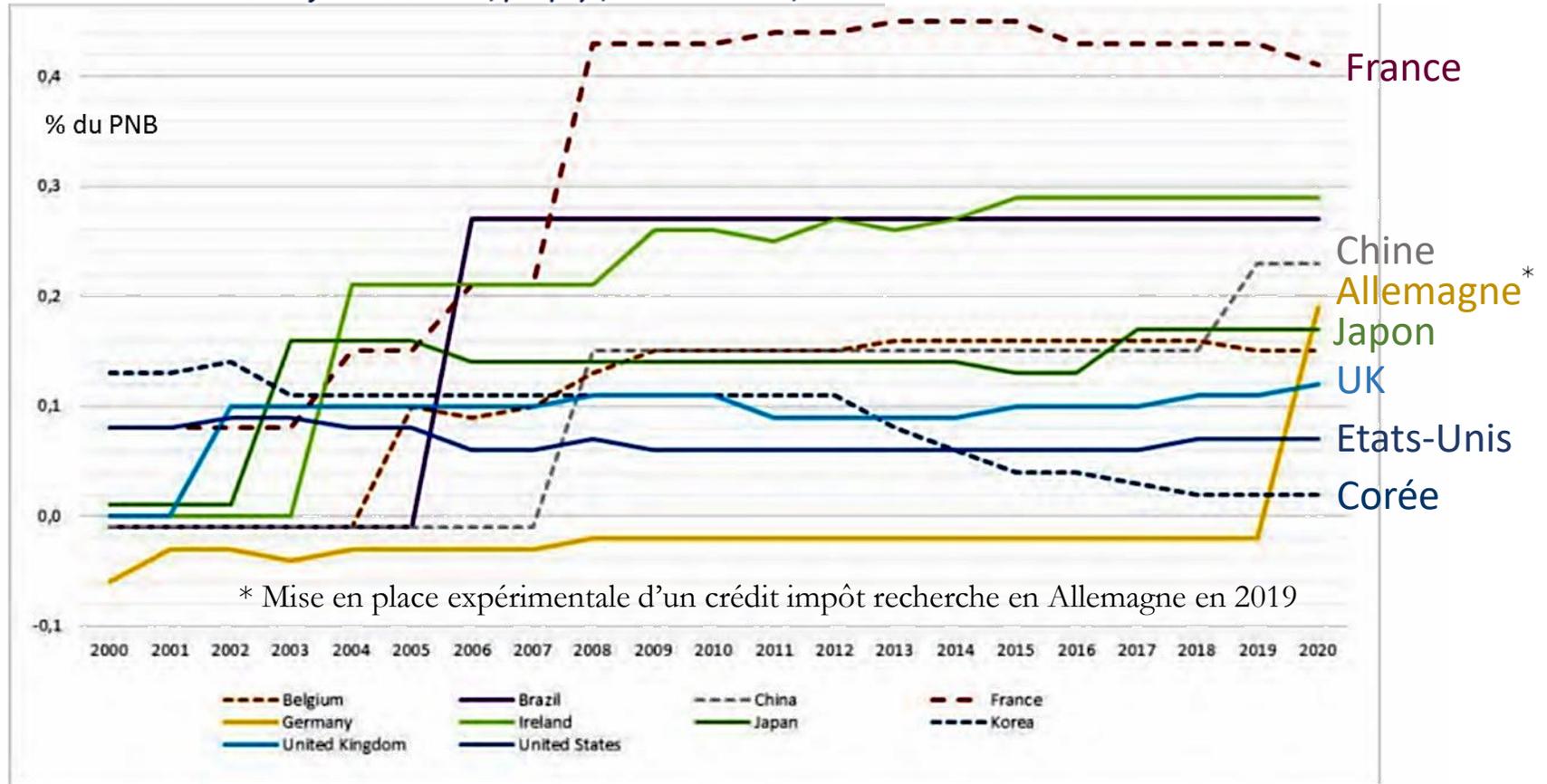
Note: For general and country-specific notes on the estimates of government tax relief for R&D expenditures (GTARD), see <http://www.oecd.org/sti/rd-tax-stats-gtard-ts-notes.pdf>. This chart displays figures for 37 OECD countries with the exception of GTARD figures, which exclude Israel where relevant data are not available. Direct support estimates include government R&D grants and public procurement of R&D services, but exclude loans and other financial instruments that are expected to be repaid in full.

Source: OECD R&D Tax Incentives Database, <http://oe.cd/rdtax>, November 2020.

L'évolution du soutien public à la R&D des entreprises sous forme d'aides fiscales

Le « modèle français » fait-il école ?

Évolution des taux d'aide fiscale à la R&D, par pays, de 2000 à 2020, en %

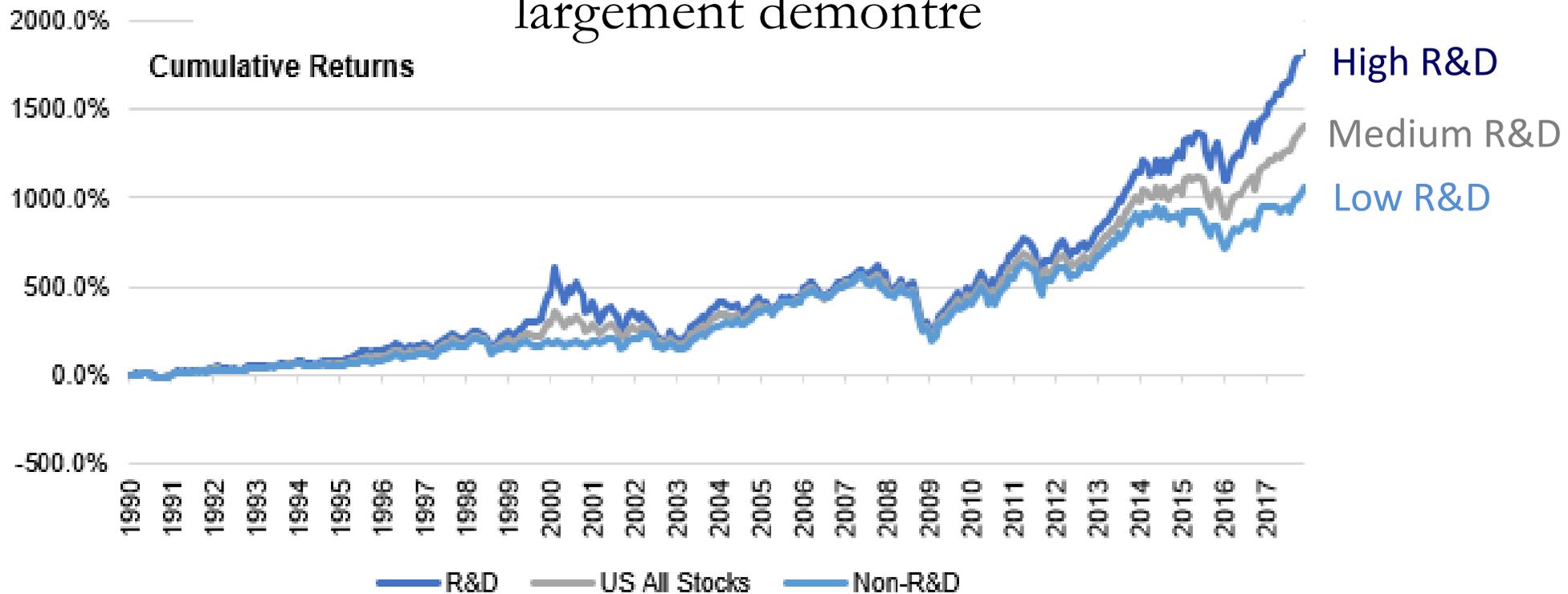


Source OECD R&D Tax Incentive Database, December 2020. <http://oe.cd/rdtax>

Note : Ce graphique est réalisé en choisissant les taux concernant les grandes entreprises dégageant des profits.

Source : « La R&D des groupes français et le CIR », Etude pour la CNEPI 2020, Neoma

L'impact positif de la R&D sur la valorisation à long terme des entreprises largement démontré



Source des données : FCLT Global 2019 Toutes les entreprises cotées dans le monde

	Ann. Ret	Std Dev	Downside Dev	Sharpe	Info Ratio	Downside Capture	Upside Capture
R&D Universe	11.1%	21.7%	14.1%	0.28	0.20	108.3%	114.0%
Non-R&D Universe	9.2%	17.5%	11.7%	0.24	-0.16	89.2%	84.6%

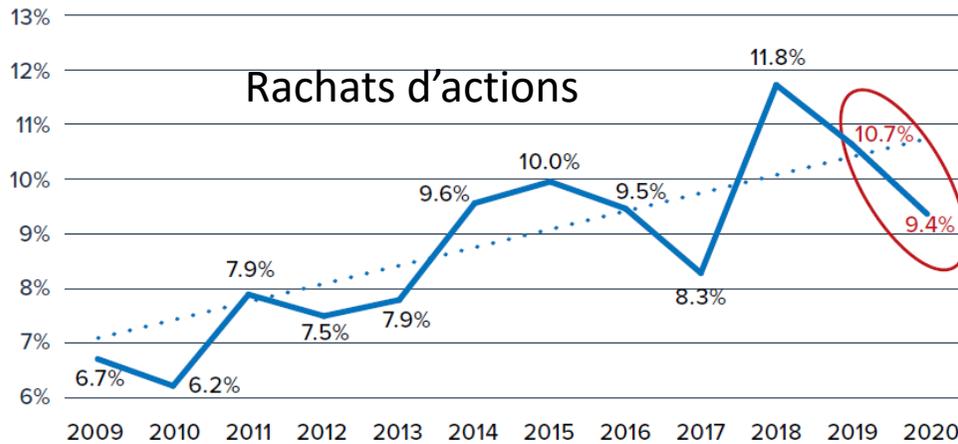
Evolution globale de l'utilisation des fonds des entreprises*

sur 3 postes :

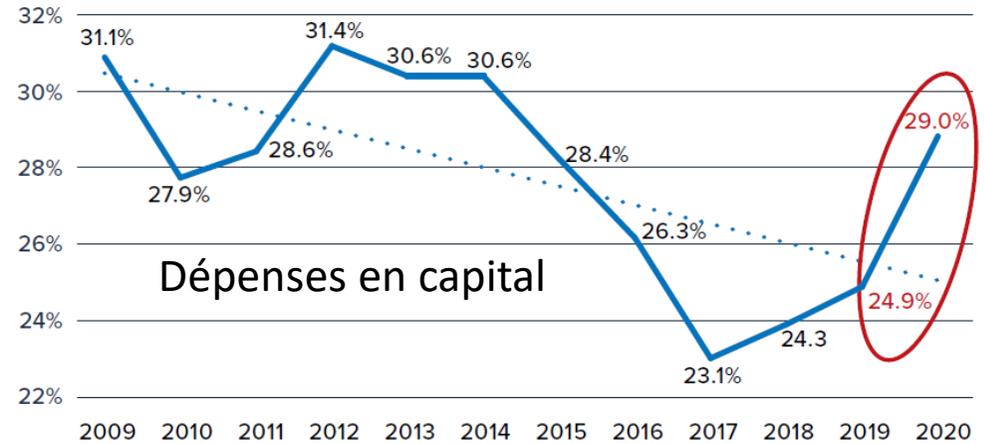
- Dépenses en capital
- Dépenses en R&D
- Rachats d'actions

Une croissance historique des investissements en R&D

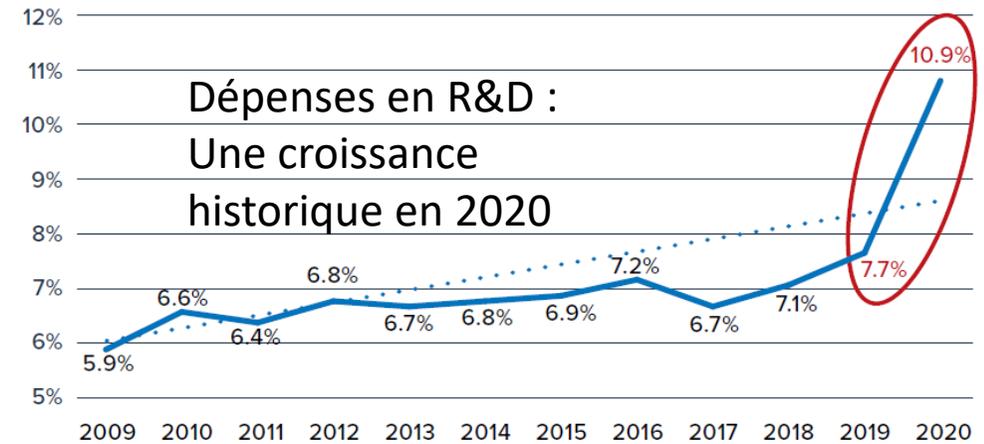
BUYBACKS AS A % OF TOTAL SPEND



CAPEX AS A % OF TOTAL SPEND



R&D AS A % OF TOTAL SPEND

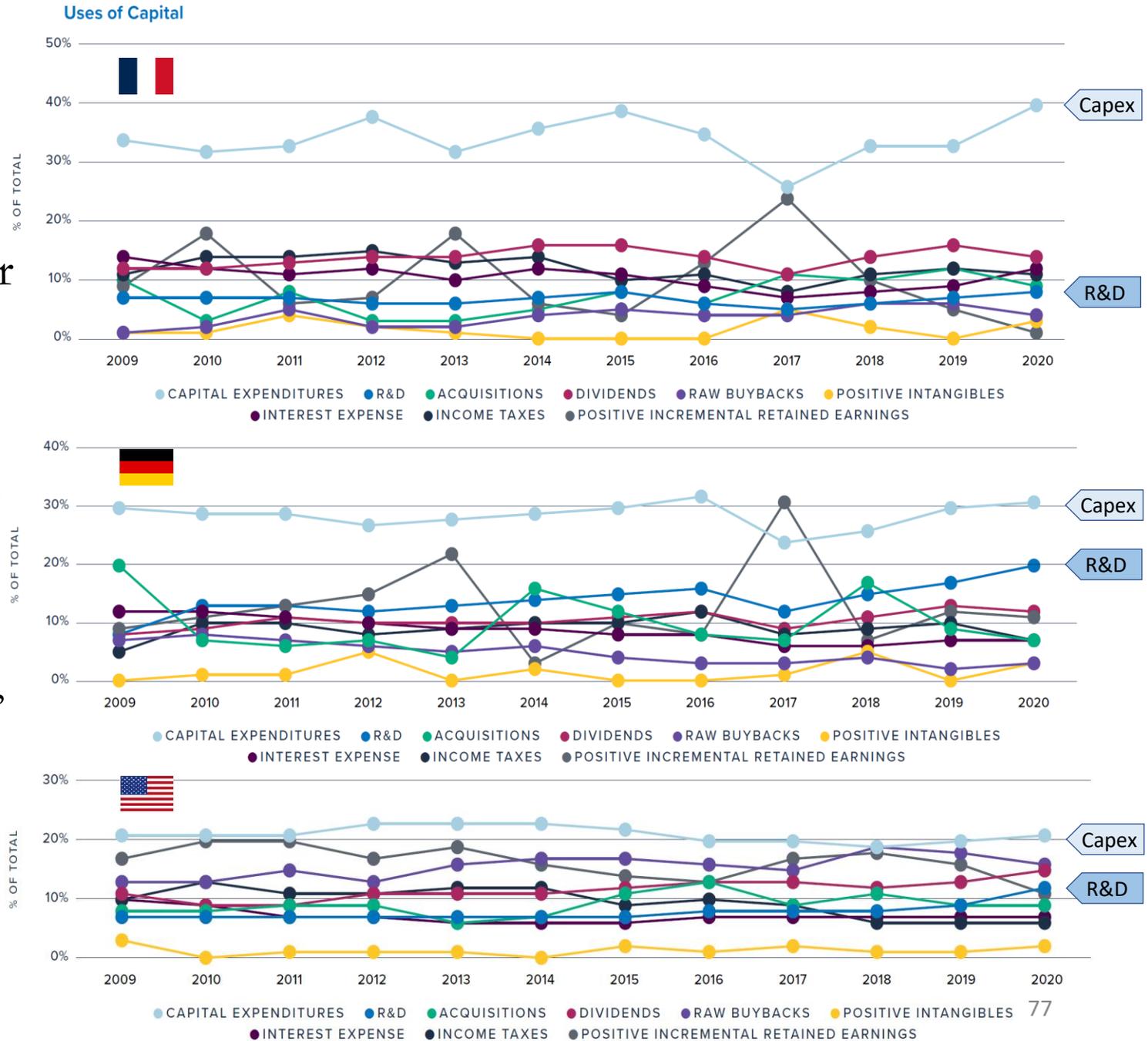


* Toutes les entreprises cotées en bourse (17 principaux pays)
source FCLT Compass 2021

Evolution
de la répartition
de l'utilisation
du capital généré par
les entreprises
cotées :

Part des investissements
(CAPEX) et de la R&D

Les entreprises
françaises et allemandes,
investissent plus en
CAPEX + R&D
que les américaines.



Les investissements en R&D comparés aux investissements en capital risque pour les 2500 entreprises leaders technologiques

Le venture capital est marginal par rapport à la R&D comme source d'accès à la technologie (1,9 %), à l'exception du secteur banques/assurances, dont l'activité R&D est moins structurée, où il dépasse 10%.

Sector	Total R&D investments by SB companies (€million) ⁸¹	Total investments via CVC (€million)	Ratio
Aerospace & Defence	20742	55	0.3%
Automobiles & other transport	166258	3038	1.8%
Chemicals	23606	154	0.7%
Construction	19591	87	0.4%
Energy	17981	471	2.6%
Financial	17319	2151	12.4% ←
Health industries	188592	1616	0.9%
ICT producers	210012	3590	1.7%
ICT services	154463	4375	2.8%
Industrials	32359	131	0.4%
Others	65549	1315	2.0%
Total	916472	16984	1.9%

Source: The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, European Commission, JRC/DG R&I.

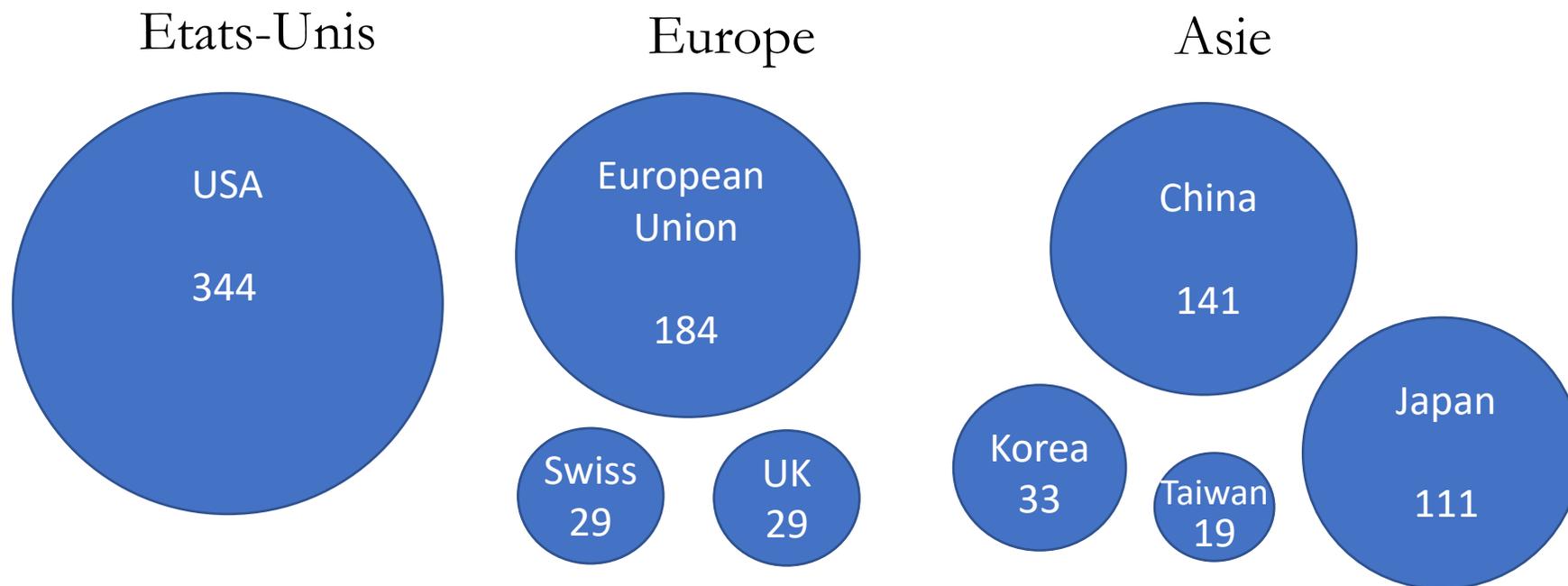
Les valeurs correspondent à l'année fiscale 2020

<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>

Répartition par grands pays* du financement de la R&D par les entreprises

Base des 2 500 entreprises dépensant le plus en R&D
(soit > 90% des dépenses mondiales de R&D)

en milliards de dollars



* Pays dont les entreprises investissent plus de 10 milliards de \$/an en R&D

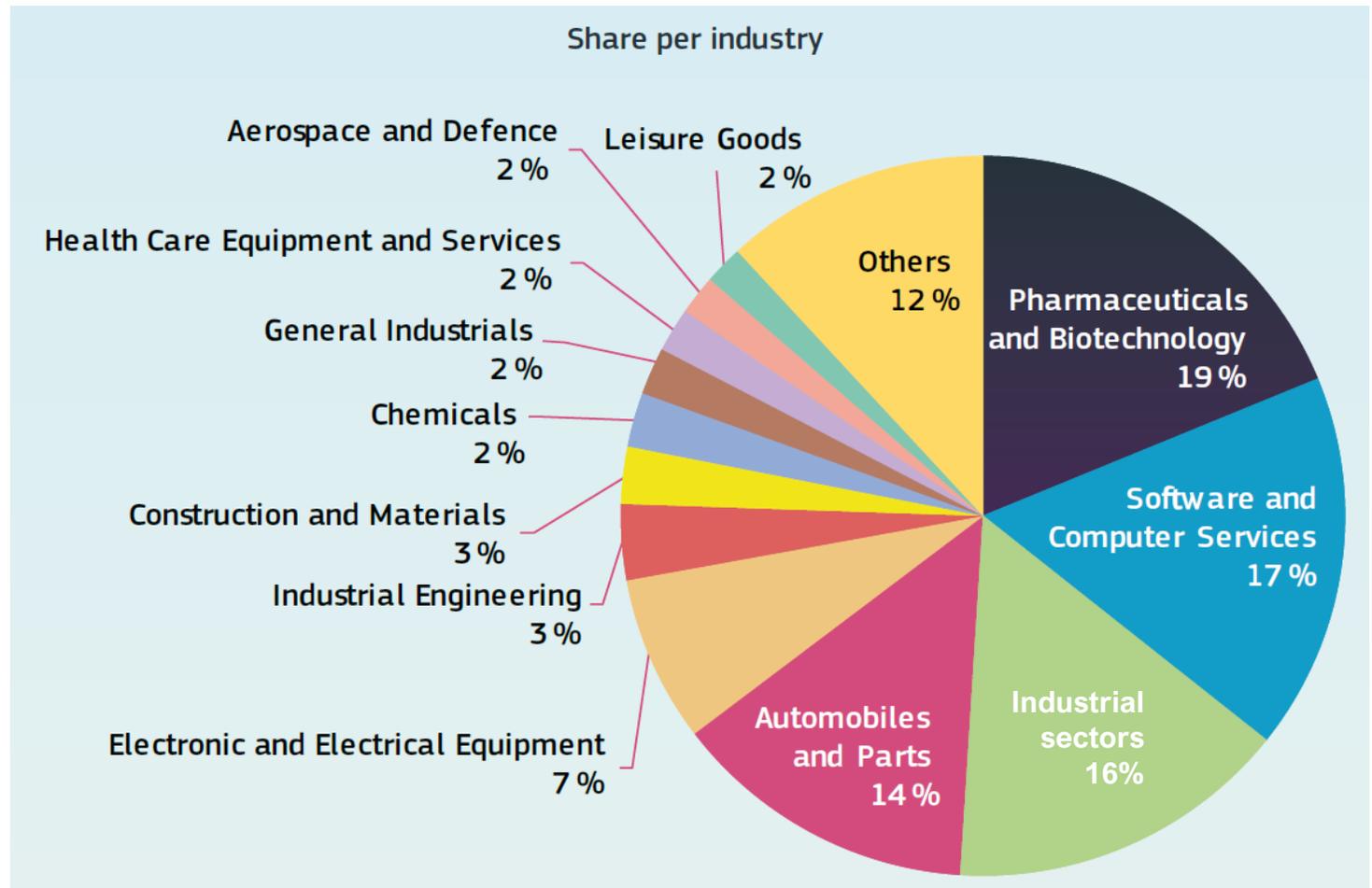
Source: *The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*, European Commission, JRC/DG R&I.

<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>

La répartition par domaine des investissements en R&D des grandes entreprises européennes*

Trois secteurs absorbent plus de 50% des investissements en R&D des grandes entreprises européennes : pharmacie-biologie, informatique et industrie, suivis de l'automobile et du secteur électronique ainsi que de nombreuses spécialités.

Source: Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf



* Les 403 entreprises européennes faisant partie des 2 500 entreprises dépensant le plus en R&D dans le monde en 2021

Leadership et points forts des grands pays en termes d'investissements en R&D des entreprises

Base des 2 500 entreprises dépensant le plus en R&D
(soit > 90% des dépenses mondiales de R&D)

Ce tableau fait ressortir les secteurs dans lesquels les grandes entreprises de l'Union européenne, des Etats-Unis, de la Chine, du Japon et du reste du monde sont en situation de leader des dépenses de R&D (bleu foncé), numéro deux (bleu), avec 20% à 30% des dépenses mondiales, où encore présents de façon significative (bleu clair) avec 15% à 20%.

L'Europe est leader sur la R&D automobile et autres transports, dans la finance et numéro deux en aerospace-défense, chimie, santé et industrie.

Les Etats-Unis dominant en R&D sur les technologies de l'information et de la communication, tant en hardware qu'en software, en santé et en aerospace-défense.

Ils ont une présence significative en chimie, finance et en industrie.

La Chine est leader en R&D pour la construction, l'énergie et l'industrie, avec présence significative en finance et technologies de l'information, hardware et software.

Le Japon est leader en R&D dans la chimie et activité diverses et numéro deux en automobile et transports avec présence significative en industrie.

L'ensemble des grandes entreprises du reste du monde, même rassemblées n'ont ni leadership ni seconde position, mais des présences significatives en R&D dans les technologies de l'information hardware et software, dans l'aerospace-défense et activités diverses.

Répartition par domaine et par pays des investissements en R&D, points forts des différents pays

Industry	EU	US	China	Japan	RoW	Total
Aerospace & Defence	6.3 (38.9%)	6.5 (40%)	0.4 (2.8%)	0 (0%)	3 (18.4%)	16.3 (1.8%)
Automobiles & other transport	61.8 (44.8%)	19.4 (14.1%)	13.1 (9.5%)	33.4 (24.2%)	10.3 (7.4%)	138 (15.2%)
Chemicals	5.1 (23%)	4.2 (19.2%)	2 (9%)	7.6 (34.4%)	3.2 (14.4%)	22.1 (2.4%)
Construction	1.5 (6.3%)	0.5 (2.1%)	18.7 (81.1%)	1.5 (6.3%)	1 (4.3%)	23.1 (2.5%)
Energy	5.3 (30.4%)	2.3 (13.4%)	5.3 (30.6%)	1.1 (6.5%)	3.3 (19.1%)	17.4 (1.9%)
Financial	6.5 (36.2%)	2.7 (15.3%)	2.7 (15.1%)	0.1 (0.3%)	6 (33.2%)	18 (2%)
Health industries	36.7 (19.4%)	93.4 (49.5%)	8.5 (4.5%)	13.8 (7.3%)	36.3 (19.2%)	188.7 (20.8%)
ICT producers	25.5 (12.3%)	83.5 (40.2%)	38.5 (18.5%)	20 (9.6%)	40.2 (19.3%)	207.8 (22.9%)
ICT services	14.1 (8.3%)	111 (65.8%)	25.9 (15.3%)	9.4 (5.5%)	8.5 (5%)	168.8 (18.6%)
Industrials	11.1 (23.8%)	7.4 (15.9%)	13.4 (28.6%)	9.3 (19.8%)	5.6 (12%)	46.8 (5.1%)
Others	10.3 (16.6%)	12.5 (20.1%)	12.3 (19.8%)	15 (24.2%)	11.9 (19.3%)	62 (6.8%)
Total	184.1 (20.3%)	343.6 (37.8%)	141.0 (15.5%)	111.1 (12.2%)	129.2 (14.2%)	908.9

100%

100%

Points forts

Leadership mondial
des dépenses de R&D

20% à 30% des dépenses
mondiales de R&D

15% à 20% des dépenses
mondiales de R&D

Les valeurs correspondent à l'année fiscale 2020

<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>

Note: The figures in brackets show each sector's regional percentages of R&D investment in the sector. The cell representing the higher sectoral R&D by region is highlighted. The total in the final column shows the total R&D invested in the sector, with the share of the total R&D between brackets. The total in the final row shows the R&D invested by firms headquartered in the region, with their overall share of R&D investment in brackets.

Source: The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, European Commission, JRC/DG R&I.

Les critères d'efficacité économique des 2 500 entreprises leaders en R&D dans le monde (chiffres d'affaires, R&D, investissements, profits, employés et capitalisation)

Ce tableau fait ressortir des entreprises de hautes technologies assez différentes dans leur profil économique selon les régions (les valeurs données sont en % du total mondial).

Les entreprises high-tech américaines sont leaders en nombre : 31%, en dépenses de R&D : 38%, en profits : 33% et surtout en valorisation : 47%, mais modestes en investissements : 19%, en chiffre d'affaires : 23% et en nombre d'employés : 19%/

Les entreprises high-tech européennes, bien que moins nombreuses : 16%, moins profitables : 17% et moins valorisées : 13,6%; investissent plus que les américaines : 20%, font un chiffre d'affaires supérieur : 23,4%, ont beaucoup plus d'employés : 29%.

Les entreprises high-tech chinoises sont leaders de l'investissement : 22,2%. Comparativement à leur nombre : 23,9%, leur chiffre d'affaires est moindre : 20,3%, de même que leurs profits : 18% et leur nombre d'employés : 17,3%. Leurs dépenses de R&D sont plus modestes : 15,58%, de même que leur valorisation : 12,4%.

Les entreprises high-tech japonaises, par rapport à leur nombre : 11,7%, ont une part un peu supérieure des dépenses de R&D : 12,3%, du chiffre d'affaires : 14,5%, des investissements : 15,5%, et des employés : 15,9%. Mais leurs profits sont faibles : 9,2% entraînant une sous-valorisation chronique : 7,6%.

Critères d'efficacité économique

des 2 500 entreprises leaders en R&D dans le monde

(chiffres d'affaires, R&D, investissements (CAPEX), profits, employés et capitalisation)

Données 2020	nombre d'entreprises	dépenses de R&D milliards d'Euros.....	CAPEX milliards d'Euros.....	Profits	chiffre d'affaires	valorisation	employés millions
Etats-Unis	779	343	245	513	4342	16030	10,6
% monde	31%	38%	19%	33%	23%	47%	19%
CEE*	401	184	275	263	4420	4612	16,3
% monde	16 %	20%	21%	17%	23,4%	13,6%	29%
Chine	597	141	287	279	3860	4206	13,4
% monde	23,9%	15,5%	22,2%	18%	20,3%	12,4%	17,3%
Japon	293	112	201	142	2747	2578	8,9
% monde	11,7%	12,3%	15,5%	9,2%	14,5%	7,6%	15,9%
...							
% 4 leaders	89,3%	81,3%	61%	77,5%	81,1%	81%	87,7%
Total monde	2500	908	1293	1544	18952	33855	56,1

Encerclé en rouge,
le pays leader
sur l'indicateur
correspondant

* Pour l'Europe incluant Suisse et Grande-Bretagne, le nombre d'entreprise passe à 563 (22,5%)
et les dépenses de R&D à 242 milliards d'€ (27%),

<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>

Source des données primaires : *The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, European Commission, JRC/DG R&I.*

Répartition par pays des 2 500 entreprises investissant le plus en R&D à travers le monde

*(Les entreprises qui représentent plus de 90% des dépenses privées de R&D
sont rattachées au pays où se trouve le siège social)*

EU	No. companies	R&D (€bn)	non-EU	No. companies	R&D (€bn)
Germany	124 (124)	86.94	US	779 (775)	343.56
France	66 (68)	32.02	China	597 (536)	140.95
Netherlands	34 (38)	18.96	Japan	293 (309)	111.06
Sweden	34 (32)	11.61	South Korea	60 (59)	33.43
Ireland	27 (28)	7.17	Switzerland	57 (58)	29.01
Denmark	29 (32)	6.20	UK	105 (121)	28.93
Finland	15 (16)	5.15	Taiwan	86 (88)	19.13
Italy	21 (24)	4.94	India	25 (29)	4.37
Spain	14 (14)	4.45	Canada	26 (30)	4.27
Belgium	13 (14)	3.19	Australia	11 (11)	2.88
Austria	14 (16)	1.75	Israel	21 (22)	2.69
Luxembourg	4 (7)	1.10	Norway	11 (10)	1.21
Portugal	2 (3)	0.16	Saudi Arabia	1 (2)	0.62
Slovenia	1 (1)	0.15	Turkey	7 (6)	0.55
Hungary	1 (1)	0.15	Singapore	6 (6)	0.54
Poland	1 (1)	0.10	Brazil	5 (5)	0.37
Malta	1 (1)	0.04	Further 6 countries	9 (11)	1.20
Total EU	401 (421)	184.1	Total	2099 (2079)	724.8

Note: Figures between brackets are the number of companies comprised in the previous 2020 *Scoreboard*.

Source: *The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*, European Commission, JRC/DG R&I.

<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>

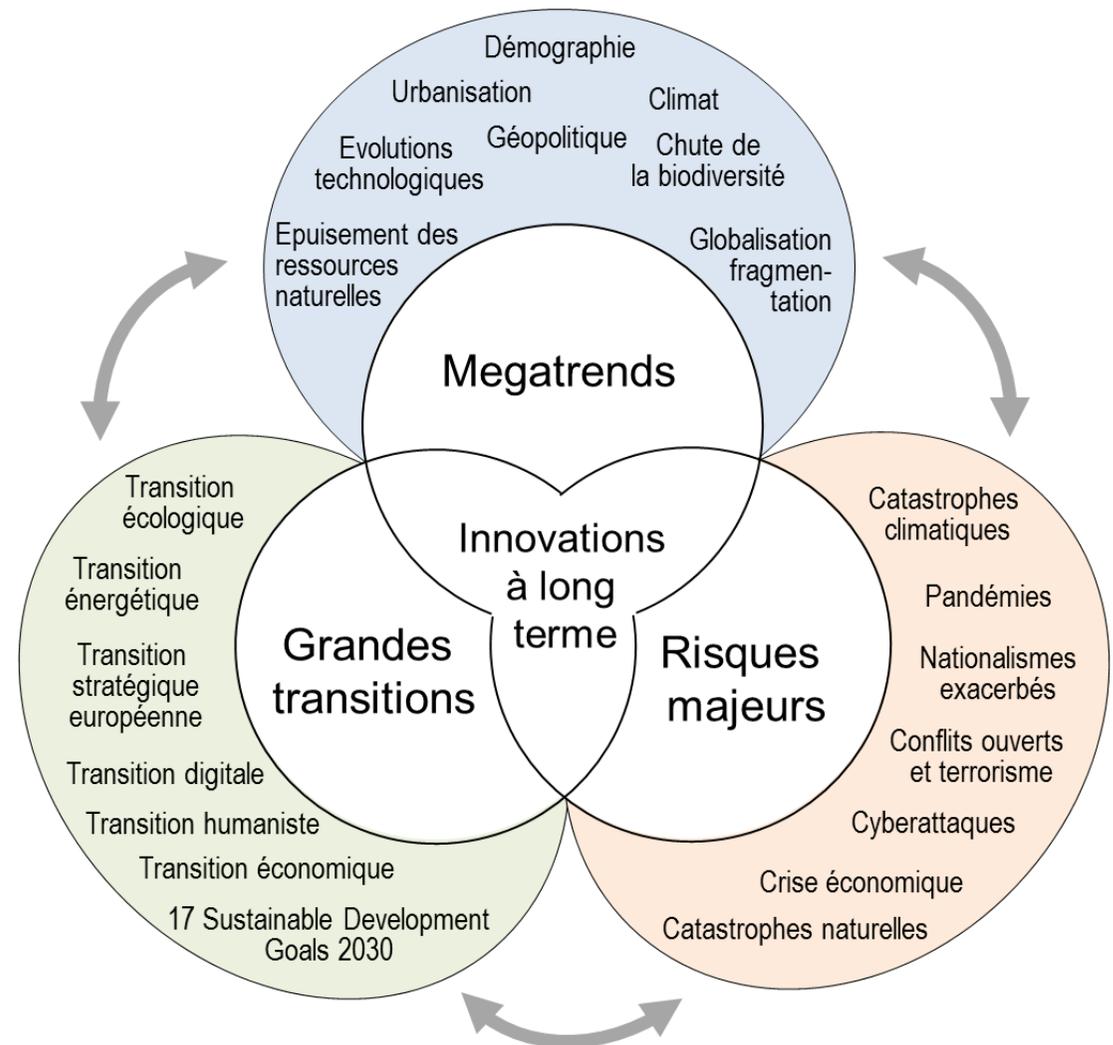
Les valeurs correspondent
à l'année fiscale 2020

La définition des grands défis et enjeux d'innovation en fonction des megatrends, grandes transitions et risques majeurs

Les entreprises leaders définissent leurs grands axes d'innovations et le pilotage de leur R&D de façon à répondre aux défis actuels :

- Mise en phase avec les megatrends
- Prise en compte des grandes transitions en cours, qui peuvent favoriser ou, au contraire, limiter voire interdire ses activités
- Protection, ou pour le moins, résilience aux risques majeurs les plus probables

Source : EICSI « Megatrends, grandes transitions et risques majeurs 2022 – 2030, horizon 2050 » dans Les Mardis de l'innovation mars 2022



Interrelations, mise en cohérence

« Top 100 global Innovators 2022 »

Cet indice classe les 100 entreprises leaders en innovation selon 4 critères visant à analyser leur dynamique technologique :
 - nombre d'innovations technologiques, - influence technologique, - l'efficacité constatée et - la projection mondiale de cette capacité technologique.
 L'ensemble traduit une stratégie d'expansion globale par l'innovation, privilégiant la dimension technologique.

Source: Top 100 Global Innovators 2022 Clarivate



Les 27 groupes européens parmi les 100 plus innovants du monde en 2022 (classement Clarivate)

ABB	CNRS	Rolls-Royce
Airbus	Continental	Safran
Alstom	Ericsson	Siemens
ASML	Evonik	Signify
BASF	Infineon	STMicroelectronics
Bosch	Merck	Swatch Group
Carl Zeiss	Michelin	Thales
CEA	Philips	Valeo
CNH	Roche	Volkswagen

■ Increase
■ Decrease
■ No change

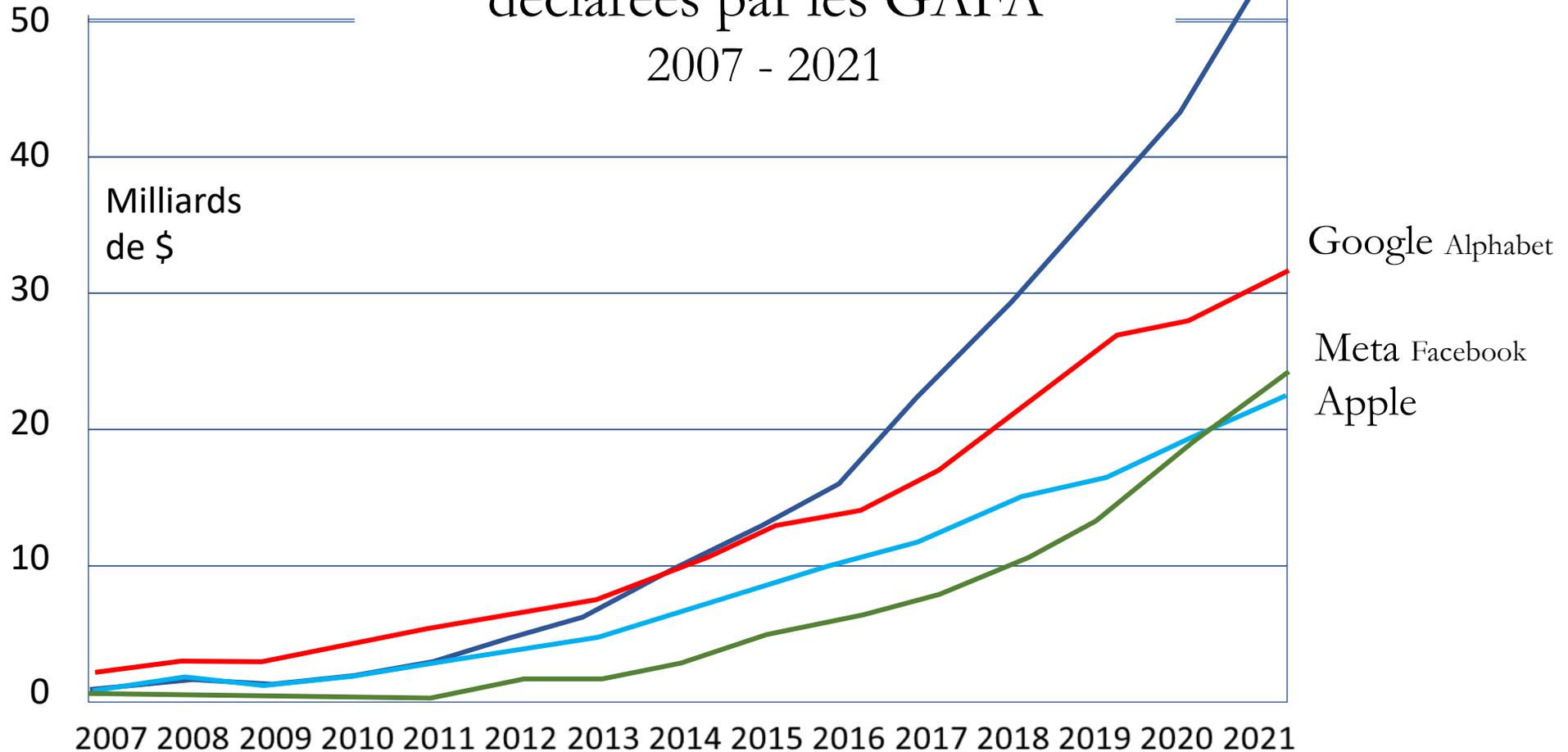
https://clarivate.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2022/02/Top-100-Global-innovators-2022-report-v9-RGB-SIN-AC.pdf?utm_campaign=Top_100_Global_Innovators_Report_LeadGen_IPG_Global_2022&utm_source=earned_coverage&utm_medium=press

9

Le cas particulier de la R&D des GAFA



Evolution des dépenses de R&D déclarées par les GAFA 2007 - 2021



Source: A new perspective of innovation toward a non-contact society - Amazon's initiative in pioneering growing seamless switching *Technology in Society* Volume 69, May 2022, 101953 - Mis à jour

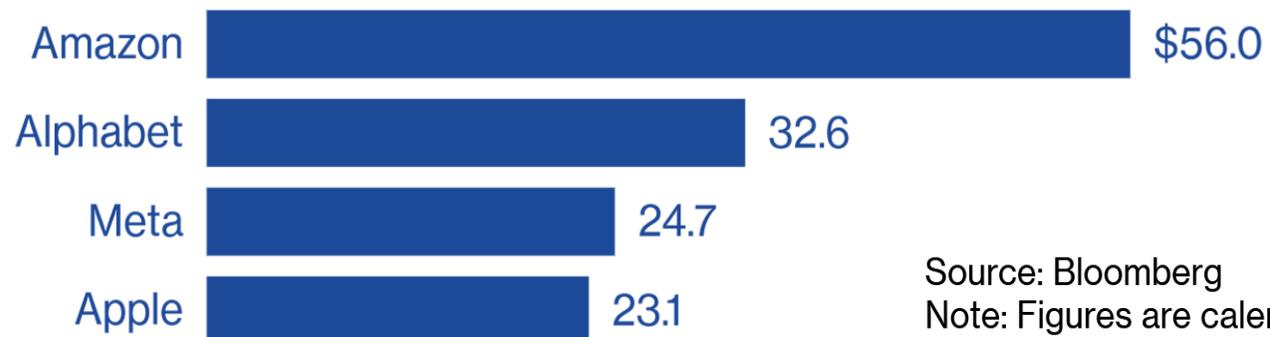
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X2200094X>

Les dépenses considérables de « R&D » des GAFA recouvrent en fait des dépenses beaucoup plus larges

Les dépenses dites de R&D des GAFA ont un contenu très large et ne portent qu'en partie sur des activités internes de R&D. Ainsi, avec des « budgets de R&D » cumulés de près de 100 milliards de \$ en 2020, les GAFA n'ont déposé que peu de brevets, soit 8 346 au total en 2021 (Apple 2 591, Amazon 2 110, Alphabet 2 015, Facebook 1 630), et donc moins à eux quatre qu'IBM seul (8 540 brevets), doté pourtant d'un budget de R&D vingt fois moindre.

IBM est d'ailleurs le premier fournisseur de technologies externes des GAFA (plus de 3 000 brevets cédés à Alphabet par ex.). Les dépenses de R&D des GAFAS intègrent donc généralement beaucoup d'autres dépenses liées au développement général de l'entreprise qui varient selon chaque entreprise (voir cas d'Amazon plus loin).

■ Total R&D en milliards de dollars, année 2021



Source: Bloomberg

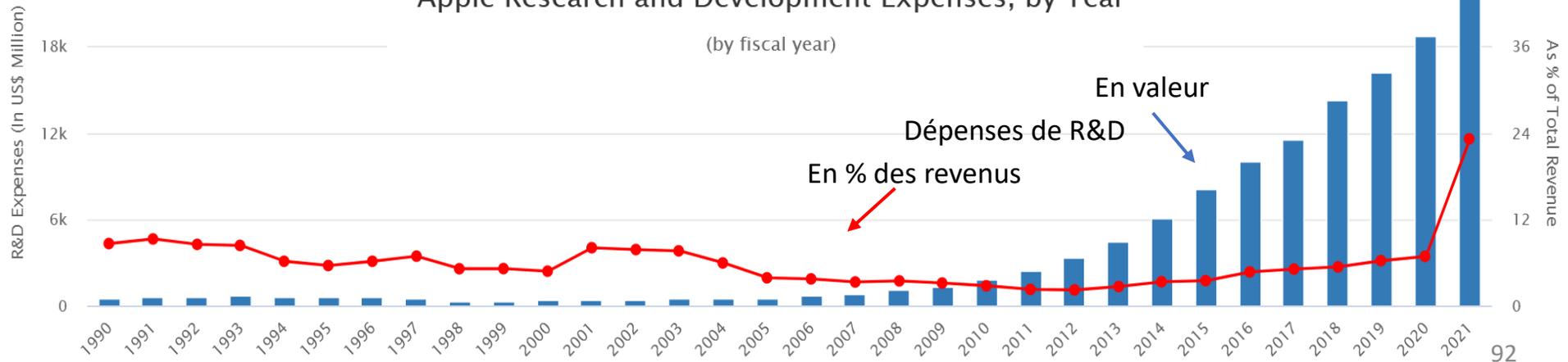
Note: Figures are calendar year

Les multiples formes d'accès des GAFA aux nouvelles technologies

L'entrée des technologies nouvelles chez les GAFA se fait via quatre sources : - l'achat massif d'entreprises high-tech, dont startups sur les champs d'expansion de l'entreprise, - l'achat également massif de propriété intellectuelle : brevets et licences, - l'intégration de composants et systèmes de haute technologies venant d'entreprises partenaires intégrées dans l'offre de l'entreprise et - les travaux propres de R&D.

Cette stratégie de croissance rapide par l'innovation via l'intégration de technologies externes plus que la R&D interne a été synthétisée dans la célèbre formule de Steve Jobs *"innovation has nothing to do with how many R&D dollars you have."* Et Apple a atteint le leadership mondial en ayant une faible activité de R&D. Mais si cette approche marque toujours sa stratégie d'innovation, Apple a, depuis quelques années, fortement développé sa R&D propre, dans trois axes : - le développement de systèmes se substituant à des achats de technologies du fait d'incertitudes sur certaines supply-chains, en Chine notamment - l'intégration verticale notamment dans les composants et microprocesseurs et - l'élargissement de son activité vers de nouveaux secteurs au-delà des ordinateurs et smartphones qui arrivent à maturité.

Apple Research and Development Expenses, by Year



Ce que recouvrent « les dépenses de R&D » d'Amazon, appelées « coûts de technologies et de contenus » (1/2)

Un cas extrême de dépenses de R&D est fourni par Amazon dont le montant déclaré est de 56 milliards de \$ pour 2021. Niveau comparable à la totalité des dépenses intérieures de R&D de la France (54,2 milliards d'euros en 2020). Ce montant gigantesque et cette comparaison ne manquent pas susciter des commentaires sur l'extrême puissance technologique du plus symbolique des GAFAs qui serait égale à celle d'un grand pays développé.

Pourtant, s'il y a bien une envolée des dépenses fléchées « R&D » par Amazon ces dernières années, elles intègrent de nombreuses dépenses généralement non considérées comme R&D dans la comptabilité internationale et couvrent pratiquement l'ensemble des coûts non récurrents de l'entreprise.

Ces montants inhabituels ont interpellé la Commission américaine des opérations de bourse (SEC, Security Exchange Commission) qui a demandé à Amazon le détail de ces dépenses indiquées au poste comptable usuel de la R&D.

Si Amazon n'a pas souhaité donner le décompte de ces dépenses, invoquant le secret des affaires, ses réponses permettent d'en mieux comprendre la logique :

« Les coûts des *technologies et de contenus* comprennent la masse salariale et les dépenses connexes pour les employés impliqués dans la recherche et le développement de produits et services existants ou nouveaux, le développement, la conception et la maintenance de nos sites Web, la conservation et la mise en ligne des produits et services mis à disposition sur nos sites Web, et les coûts d'infrastructure. »

Concernant le détail des « coûts d'infrastructure » :

« Les coûts d'infrastructure comprennent les serveurs, l'équipement de mise en réseau et l'amortissement lié au centre de données, les loyers, les logiciels utilitaires et les autres dépenses nécessaires pour prendre en charge Amazon Web Services, ainsi que d'autres efforts... »

Ce que recouvre les dépenses de R&D d'Amazon, appelées « coûts de technologies et de contenus » (2/2)

... Globalement, ces coûts reflètent les investissements que nous faisons afin d'offrir une grande variété de produits et services à nos clients. »

Concernant la différenciation des dépenses entre les produits et services existants et ceux en définition ou en développement :

« Notre modèle commercial encourage la recherche, la conception, le développement et la maintenance simultanés de produits et services nouveaux et aussi de ceux déjà existants. Par exemple, nos équipes travaillent constamment à développer de nouvelles compétences d'Alexa et à maintenir simultanément les compétences actuelles, et ces activités ne sont pas facilement distinguables sur le plan opérationnel. Nous nous concentrons sur l'innovation et l'obsession du client et gérons l'investissement total dans nos employés et notre infrastructure. Nous pensons que notre poste « *technologie et contenus* » est représentatif des investissements que nous réalisons pour le compte de nos clients. »

Ces définitions élargies des investissements de R&D se retrouvent sous des formes et des spectres variés dans d'autres grandes entreprises, notamment américaines, qui ont plus de liberté comptable, avec des termes comme « C&D, » pour Connect and Develop, pour des entreprises qui font peu de R&D propre et intègrent des technologies externes, « R&I » pour Research and Innovation, qui intègre les phases aval du processus, l'industrialisation, la mise sur le marché et le business development. A l'inverse, certaines sont plus restrictives avec par exemple « R&T » pour Research and Technologies, séparées du processus de conception. Cette variété peut rendre certaines comparaisons peu significatives sans analyses plus approfondies des différents cas.

Cette tendance à intégrer les coûts de R&D et ceux d'industrialisation se retrouve dans les programmes d'investissements privés et aussi de soutien public : cas du plan composants américain, par ex.

Les 50 entreprises leaders des investissements en R&D dans le monde

19 américaines

18 européennes

14 de l'Union européenne,
2 suisses,
2 anglaises

8 japonaises

4 chinoises

1 coréenne

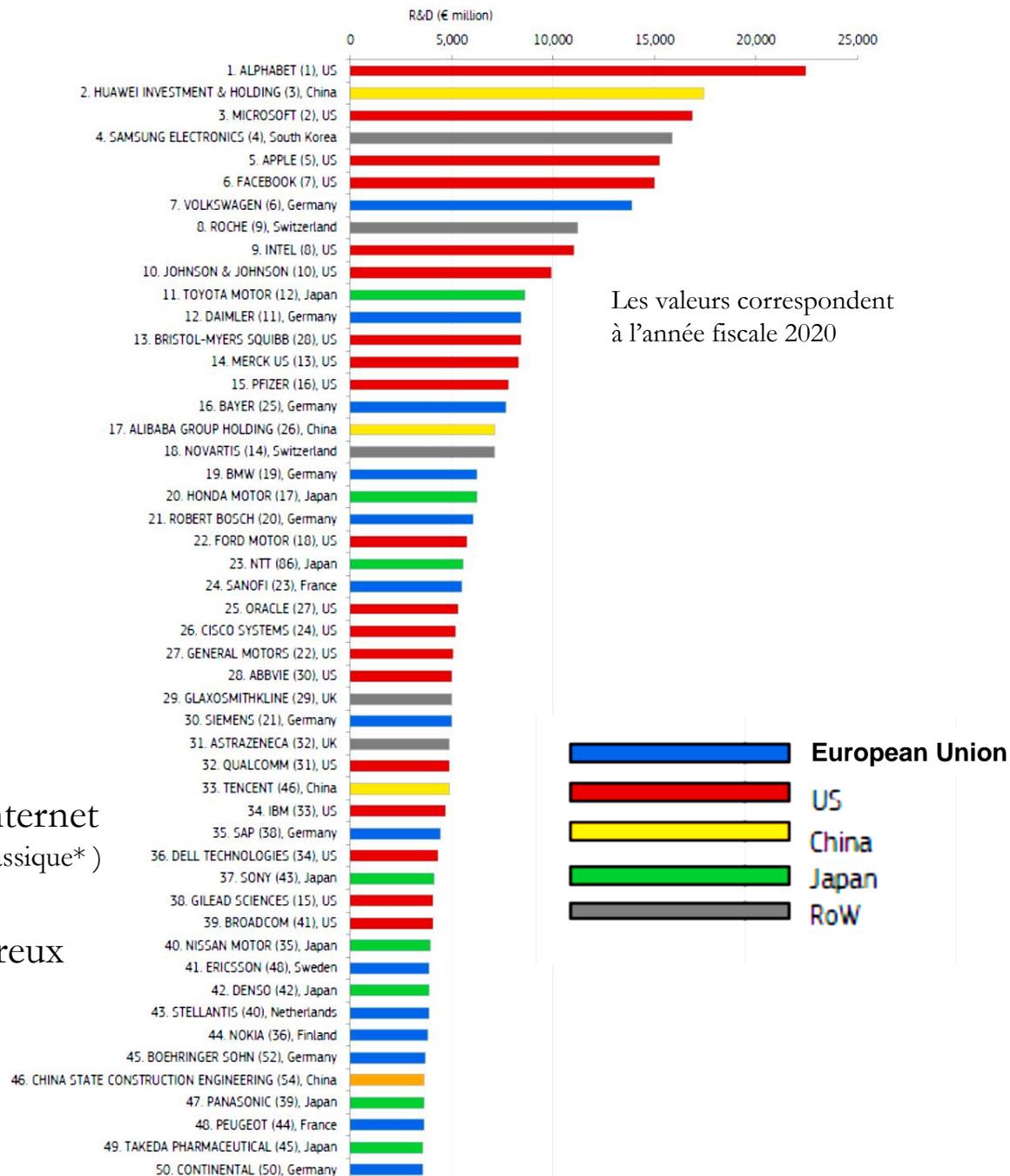
Domination des géants américains de l'internet
(mais avec des dépenses allant très au-delà de la R&D classique*)

Volumes d'investissement plus modestes
des entreprises européennes, mais nombreux
acteurs de moindre taille

Valeurs 2020.

* voir exemple d'Amazon

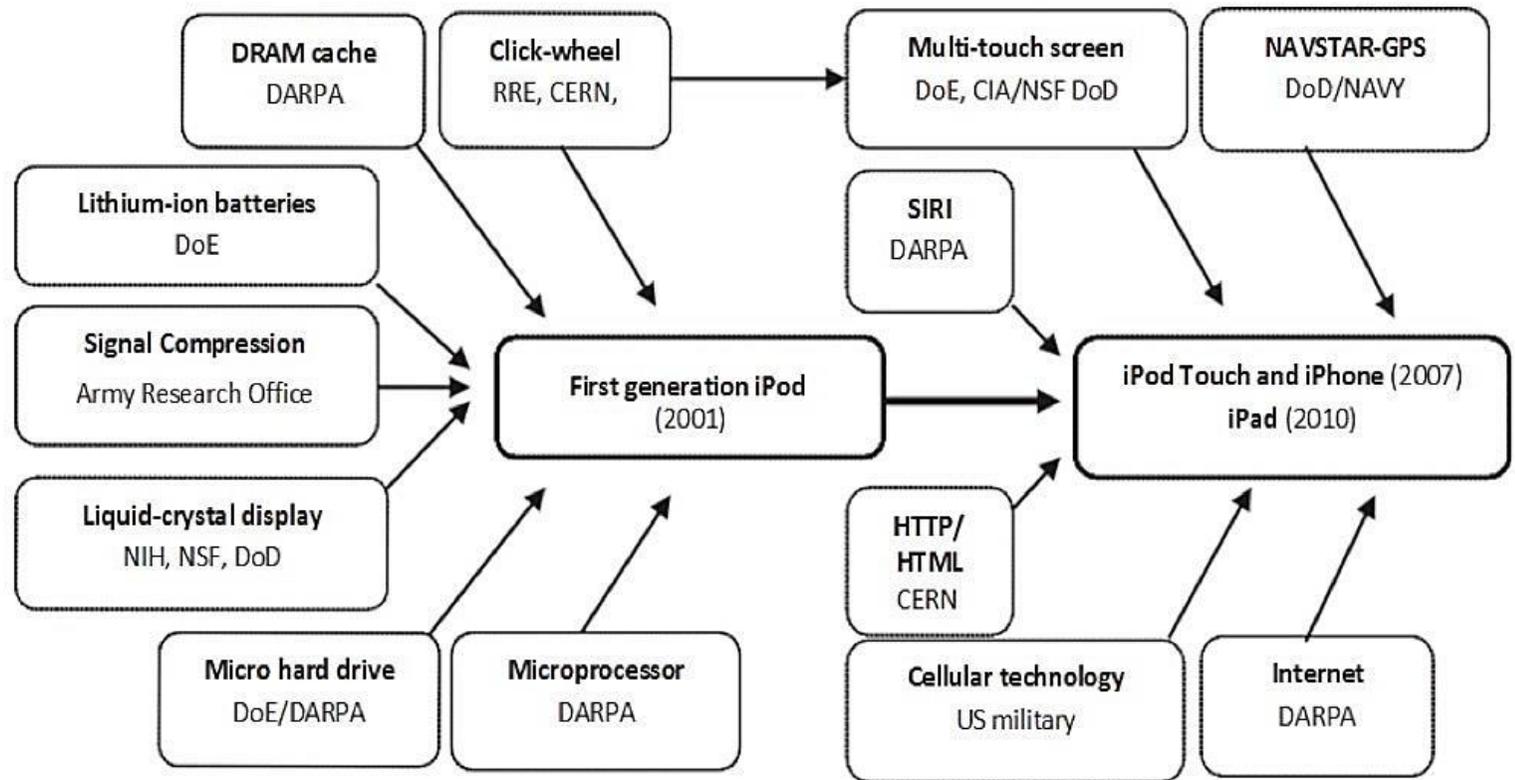
<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>



Le rôle important de la recherche publique dans les technologies clés de l'iPhone

Ce schéma de Mariana Mazzucato référence les instituts de recherche publique à l'origine de technologies clés de l'iPhone

What Makes the iPhone so Smart?



Source : Mariana Mazzucato University College London "The Entrepreneurial State : Debunking Public vs. Private Sector" Myths Broché - 22 mars 2018

10 Répartition et évolution des activités de R&D des entreprises européennes

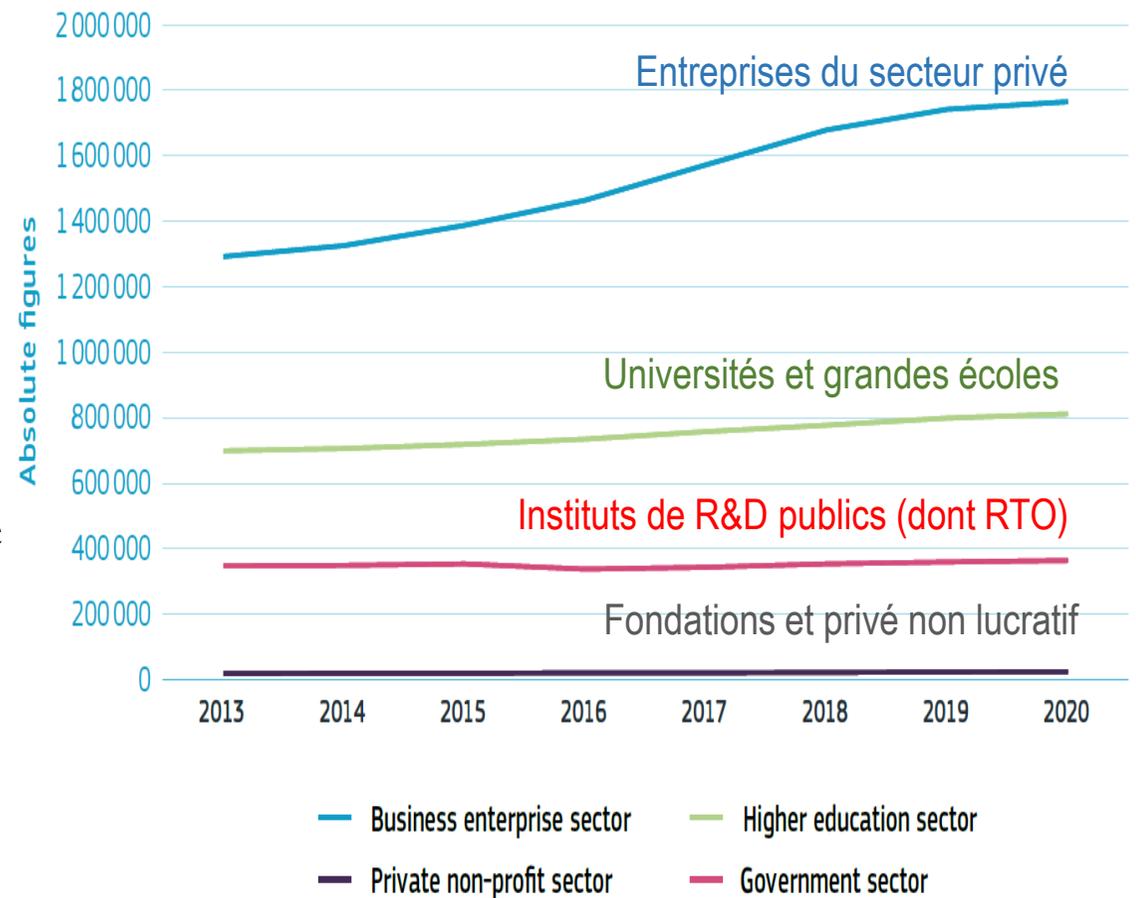


Evolution du personnel de R&D en Europe par type d'organisation

Le personnel de R&D en Europe s'élevaient à près de 3 millions de personnes en 2020, dont près de 1,8 millions dans le secteur privé. Il a progressé de 500 000 personnes depuis 2013.

Les personnels de R&D des universités ont également progressé d'environ 100 000 personnes sur la période. Les personnels des instituts de recherche publique et du secteur non lucratif sont quant à eux restés globalement stables.

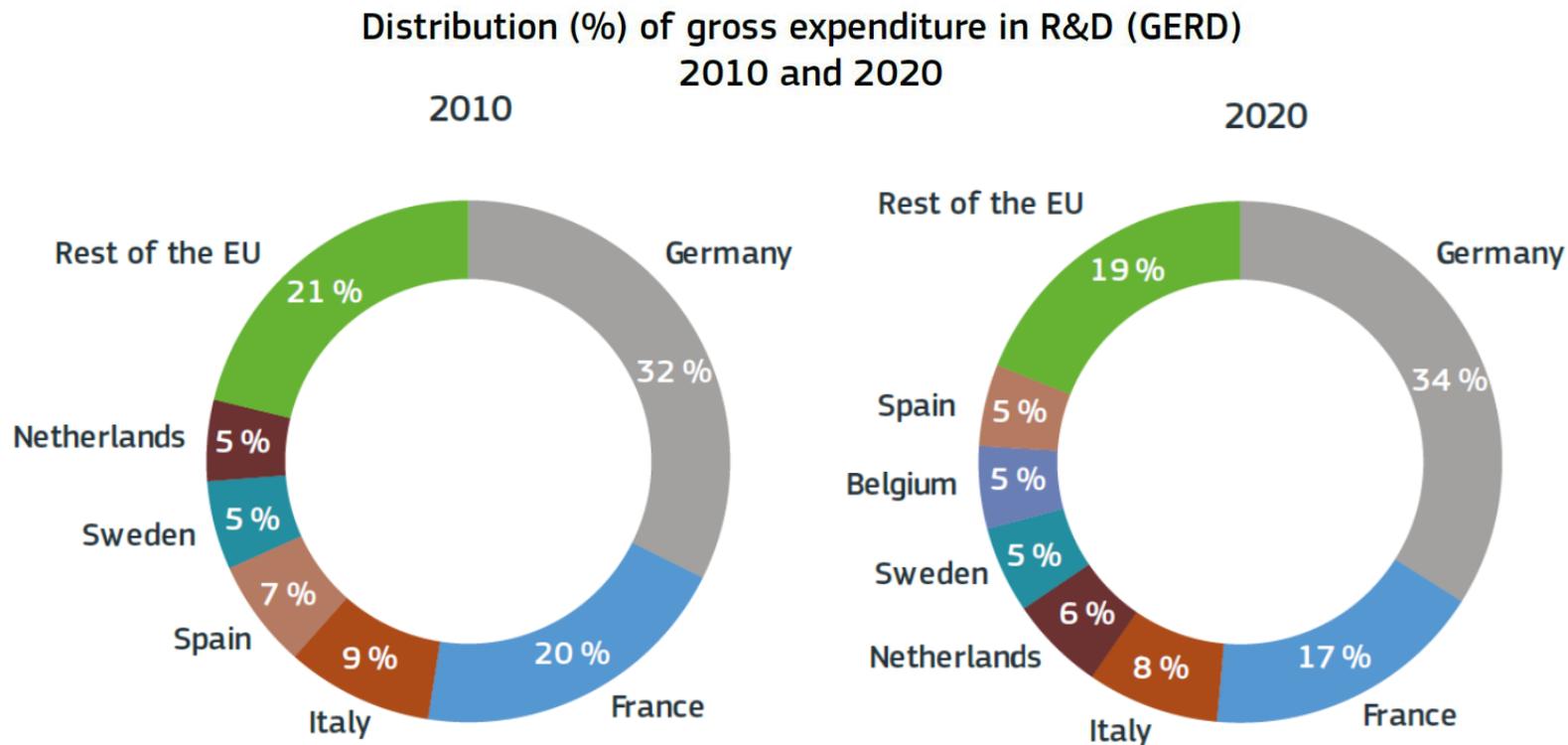
Mais au sein des laboratoires publiques, ceux ayant une activité double : recherche + R&D partenariale avec les entreprises ont progressé . (Voir partie 14 sur les RTO).



Source: Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

Evolution de la répartition de la R&D des grands pays de l'Union européenne de 2010 à 2020

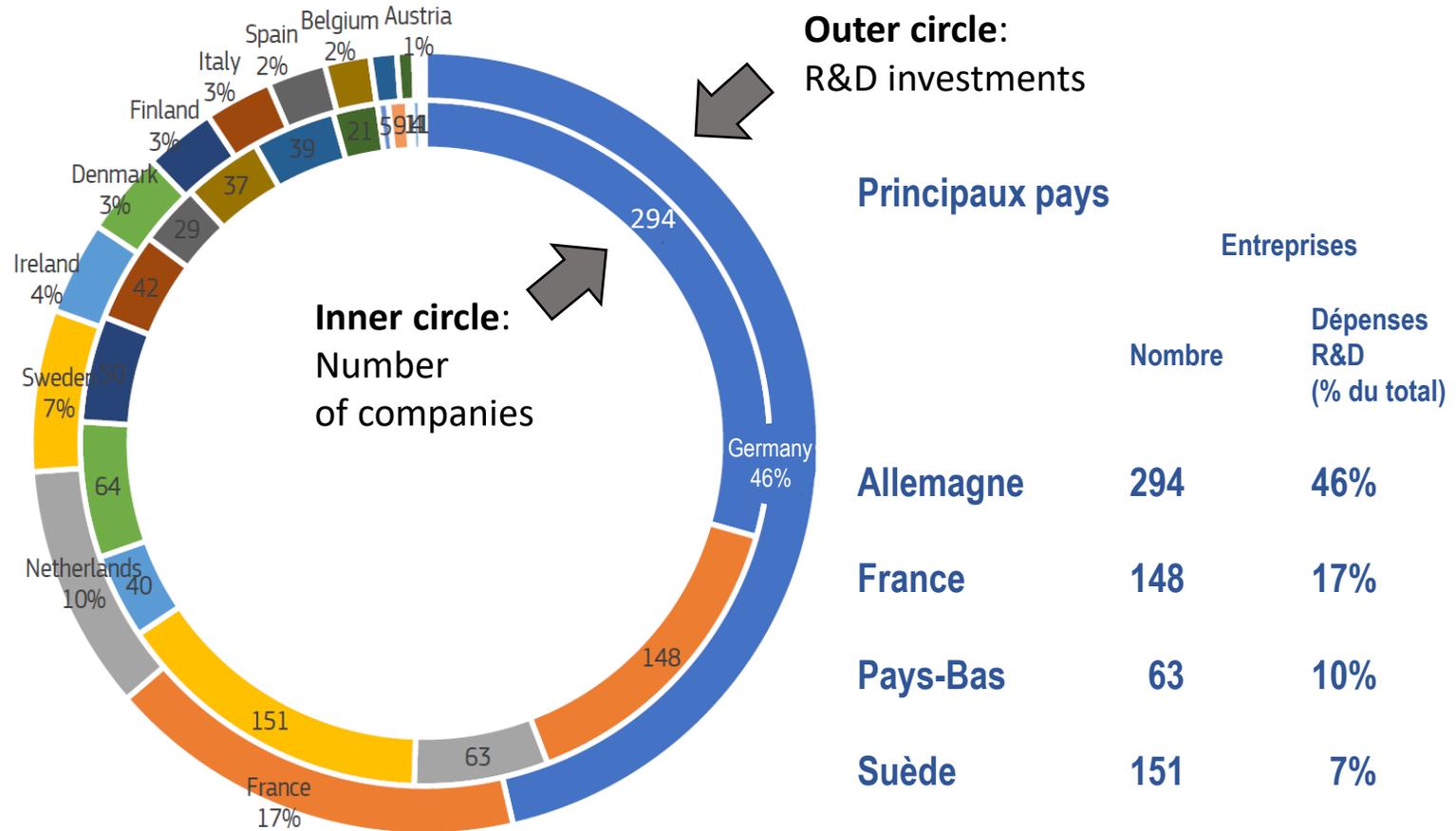
L'évolution de cette répartition confirme le leadership de l'Allemagne qui représente aujourd'hui plus du tiers des investissements européens



Source: Science, Research and Innovation Performance of the European Union 2022
https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/srip/2022/ec_rtd_srip-2022-report-full.pdf

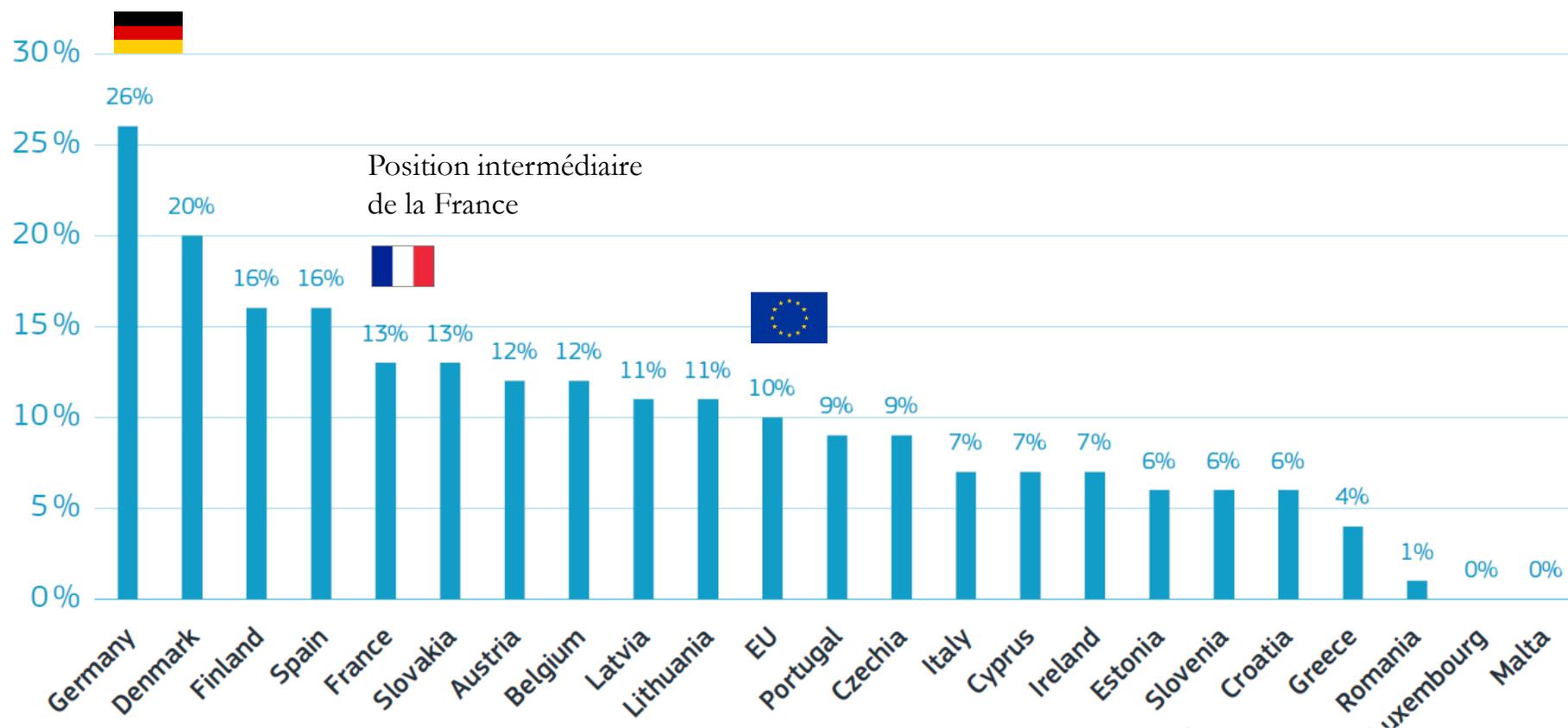
Communauté européenne :

Répartition par pays des 1 000 entreprises dépensant le + en R&D Nombre et % des investissements en R&D



Note: Inner circle shows the number of companies per country, the outer circle the percentage of R&D investment by country.
Sources: The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, European Commission, JRC/DG R&I.

La part des plans de relance consacrée à la Recherche et à l'Innovation dans les différents pays européens confirme le leadership technologique de l'Allemagne



Source: Recovery and Resilience Scoreboard - Thematic analysis: research and innovation.

Stat. link: <https://ec.europa.eu/assets/rtd/srip/2022/figure-1-17.xlsx>

La hiérarchie des pays dans l'indice composite d'innovation de Bloomberg

Dans cet indice multicritère, la France est en 12^{ème} position mondiale.

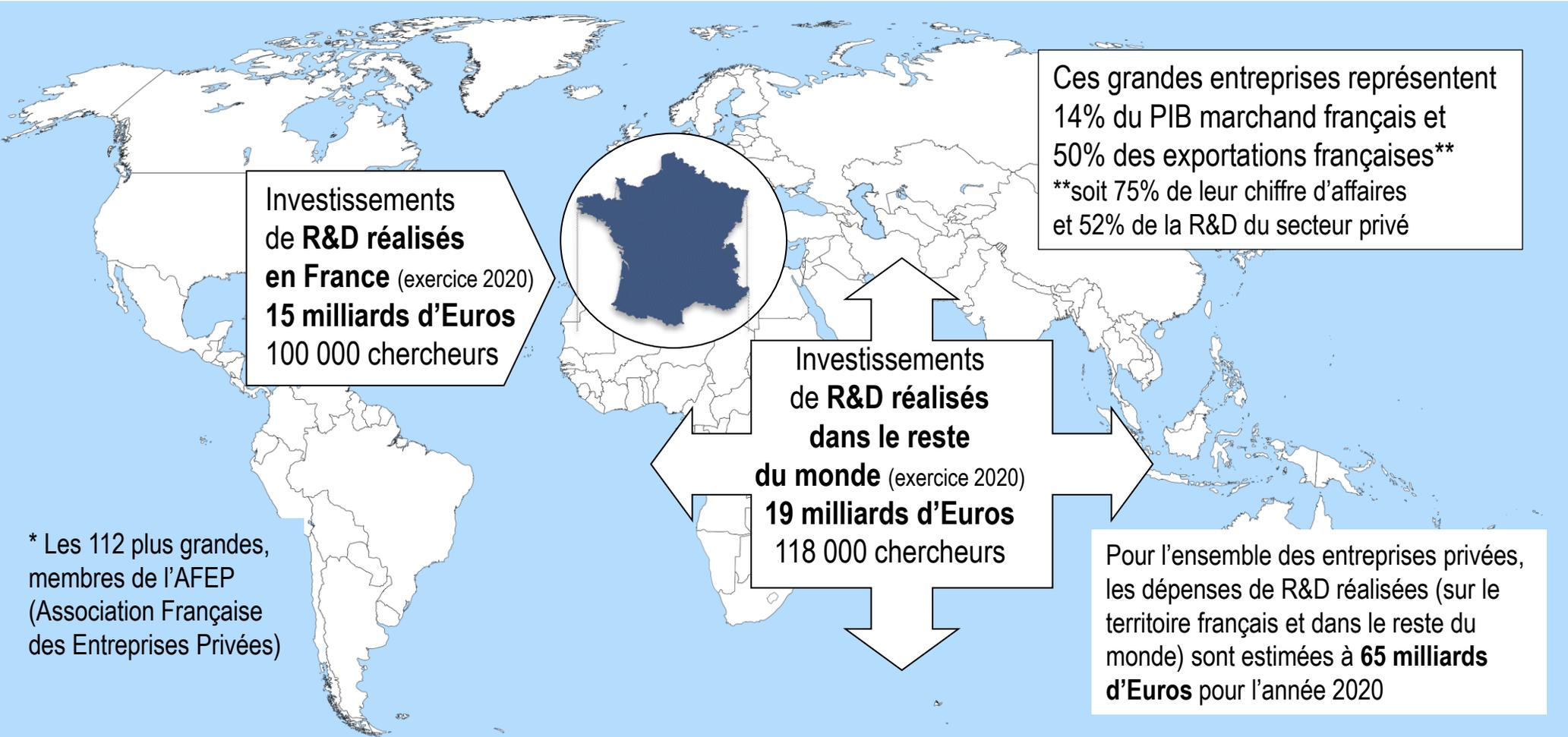
Si elle est classée en 2^{ème} position, juste après les Etats-Unis, pour sa densité de haute technologie, son indice est plombé par sa faiblesse industrielle et sa complexité réglementaire et administrative.

Bloomberg 2021 Innovation Index

2021 Rank	2020 Rank	YoY Change	Economy	Total Score	R&D Intensity	Manufacturing Value-added	Productivity	High-tech Density	Tertiary Efficiency	Researcher Concentration	Patent Activity
1	2	+1	S. Korea	90.49	2	2	36	4	13	3	1
2	3	+1	Singapore	87.76	17	3	6	18	1	13	4
3	4	+1	Switzerland	87.60	3	5	7	11	15	4	18
4	1	-3	Germany	86.45	7	6	20	3	23	12	14
5	5	0	Sweden	86.39	4	21	12	6	7	7	21
6	8	+2	Denmark	86.12	8	17	3	8	22	2	23
7	6	-1	Israel	85.50	1	30	18	5	34	1	8
8	7	-1	Finland	84.86	11	12	17	13	14	10	10
9	13	+4	Netherlands	84.29	14	26	14	7	25	8	9
10	11	+1	Austria	83.93	6	9	15	23	16	9	15
11	9	-2	U.S.	83.59	9	24	5	1	47	32	2
12	12	0	Japan	82.86	5	7	37	10	36	18	11
13	10	-3	France	81.73	12	39	12	2	26	21	16
14	14	0	Belgium	80.75	10	23	16	15	43	14	13
15	17	+2	Norway	80.70	15	49	4	14	5	11	24
16	15	-1	China	79.56	13	20	45	9	17	39	3
17	16	-1	Ireland	79.41	35	1	2	12	42	17	39
18	18	0	U.K.	77.20	21	44	25	17	4	20	22
19	20	+1	Australia	76.81	20	55	8	16	10	31	7
20	19	-1	Italy	76.73	26	15	28	21	41	25	12
21	22	+1	Canada	75.98	22	35	21	25	37	22	5
22	21	-1	Slovenia	73.64	18	8	27	41	11	16	27

Les investissements en R&D des grandes entreprises privées françaises

Les 112 grandes entreprises privées françaises *
ont investi 34 milliards d'euros en R&D en 2020. Elles emploient 218 000 chercheurs.
Elles ont déposé 12 000 brevets en 2020 et possèdent 250 000 brevets actifs en portefeuille



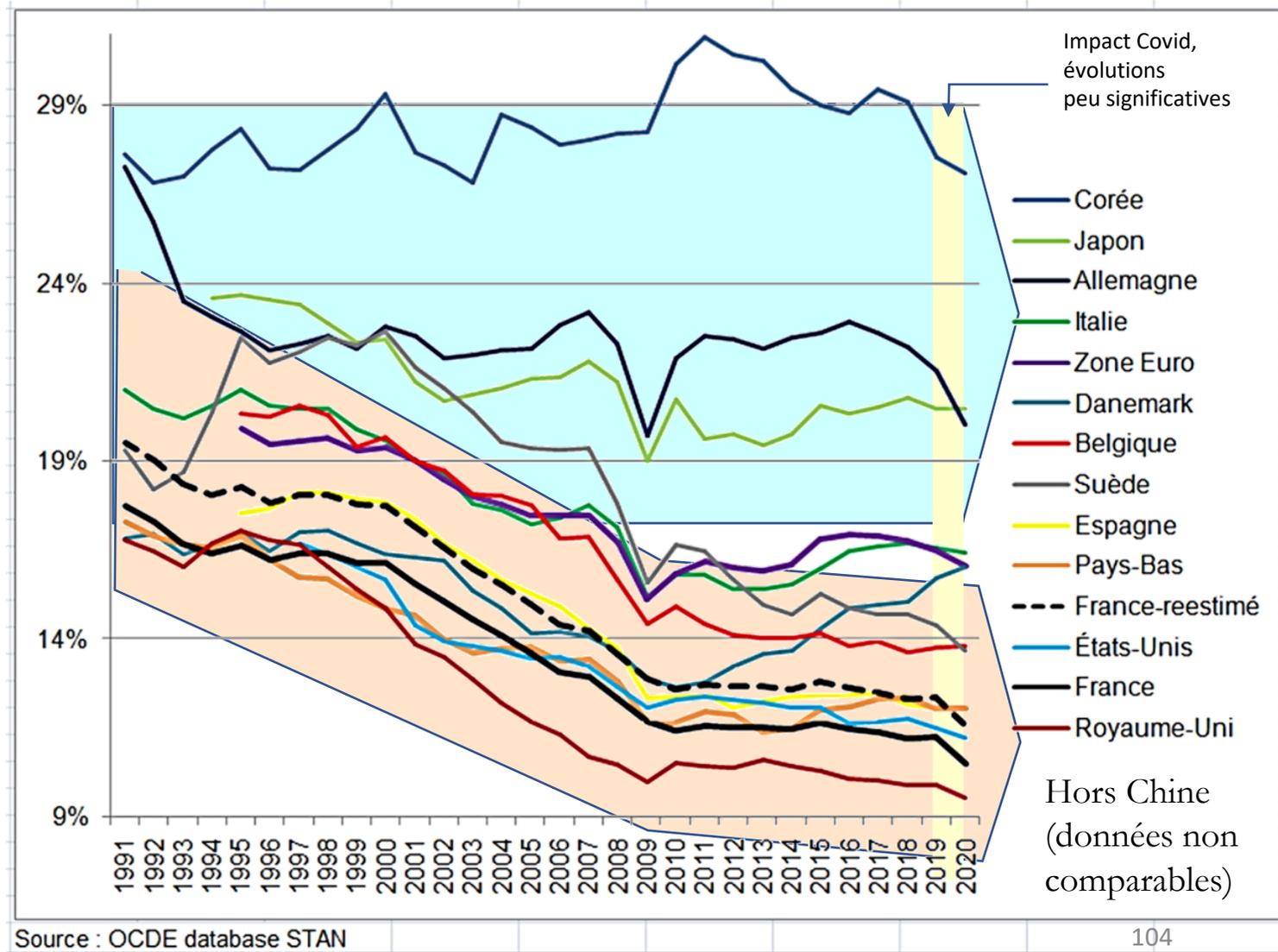
* Les 112 plus grandes, membres de l'AFEP (Association Française des Entreprises Privées)

La désindustrialisation :

un phénomène qui touche une grande partie de l'Europe et les Etats-Unis

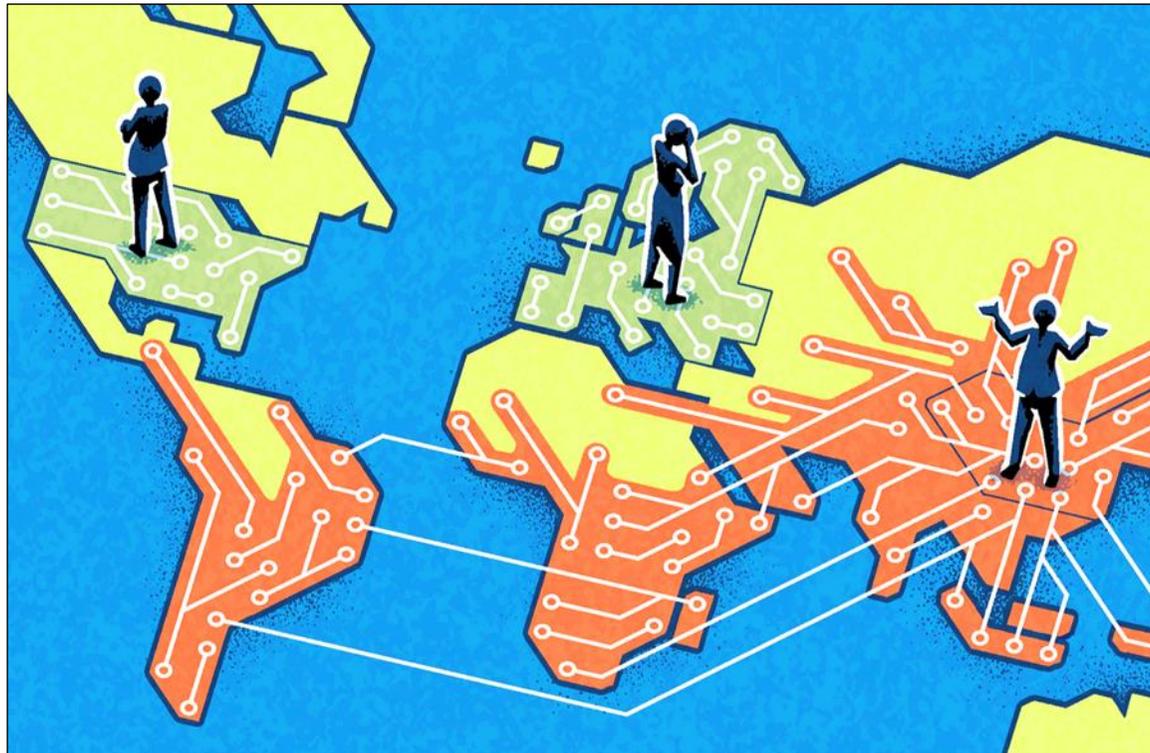
Evolution de la part de la valeur ajoutée de l'industrie dans la valeur ajoutée totale

Le phénomène désindustrialisation s'est développé dans les années 90 et 2000 dans le cadre de politiques explicites de dégagement et de spécialisation dans les services, notamment aux Etats-Unis, en France et en Grande-Bretagne qui n'ont pas réussi à redresser la situation depuis. La Corée, le Japon et l'Allemagne ont maintenu une stratégie industrielle. L'Italie et le Danemark ont redressé leur situation.



Source : Tableaux entrées – sorties (TES) Michel Braibant 2022

11 Evolution de la répartition des industries de haute technologie

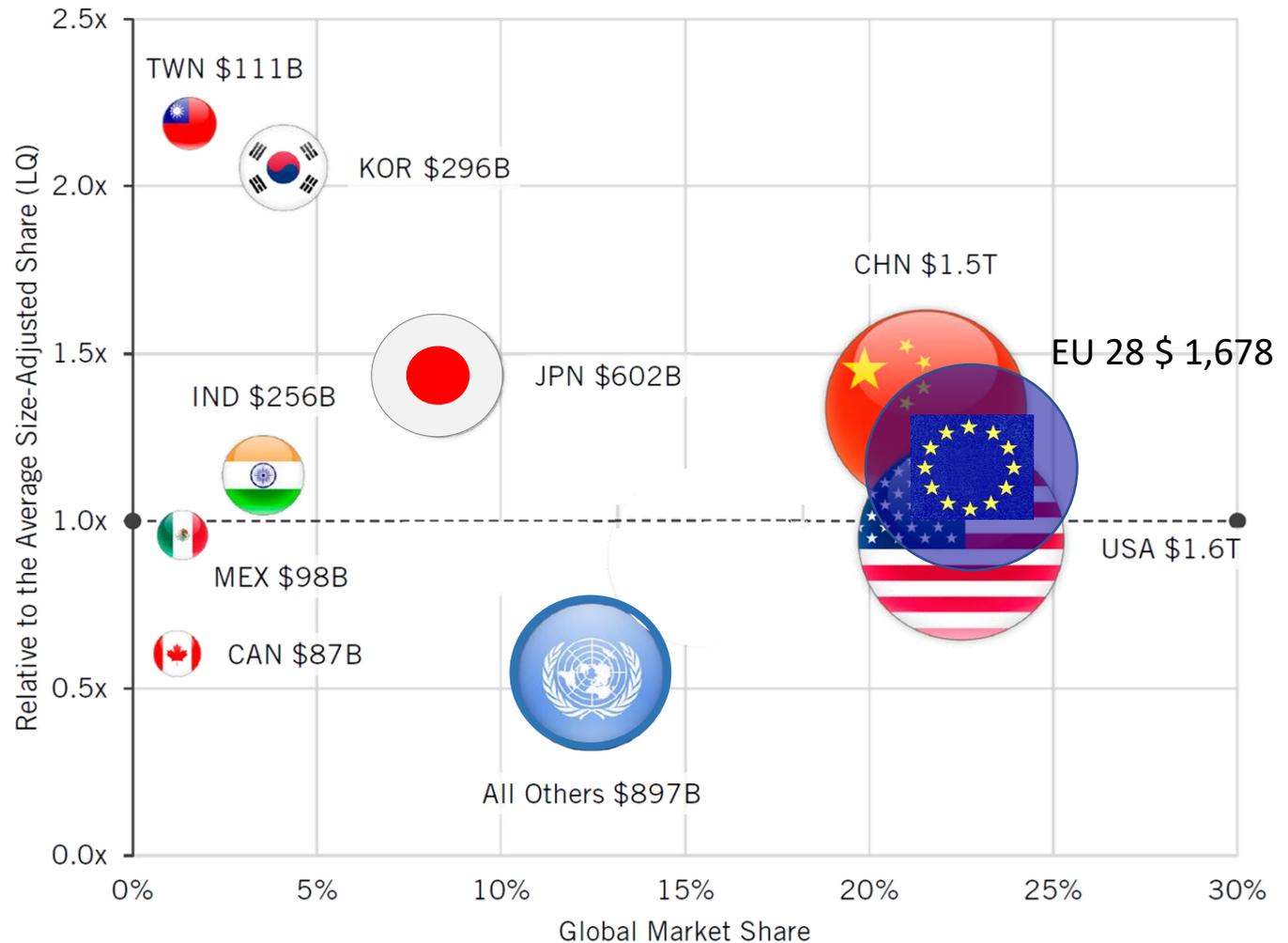


Le poids relatif des grands pays dans les industries de haute technologie (Performance Hamilton Index) Valeurs en milliards de \$

L'indice de performance Hamilton est un indice américain qui pondère les différents secteurs high-tech de façon dynamique (voir composition plus loin).

Par exemple, le secteur des technologies et services d'information est passé de 12% de l'indice en 1995 à 26% en 2018. A l'inverse, le secteur des machines et équipements a régressé de 20% en 1995 à 16% en 2018.

Il y a très peu d'écart dans le classement entre l'Europe, qui réalise 1 678 milliards de \$ dans les secteurs high-tech, les Etats-Unis, 1 600 milliards de \$ et la Chine, 1 500 milliards de \$.



Note : dans la présentation américaine, l'Allemagne a été séparée de l'Union européenne pour que celle-ci apparaisse en retrait par rapport aux Etats-Unis

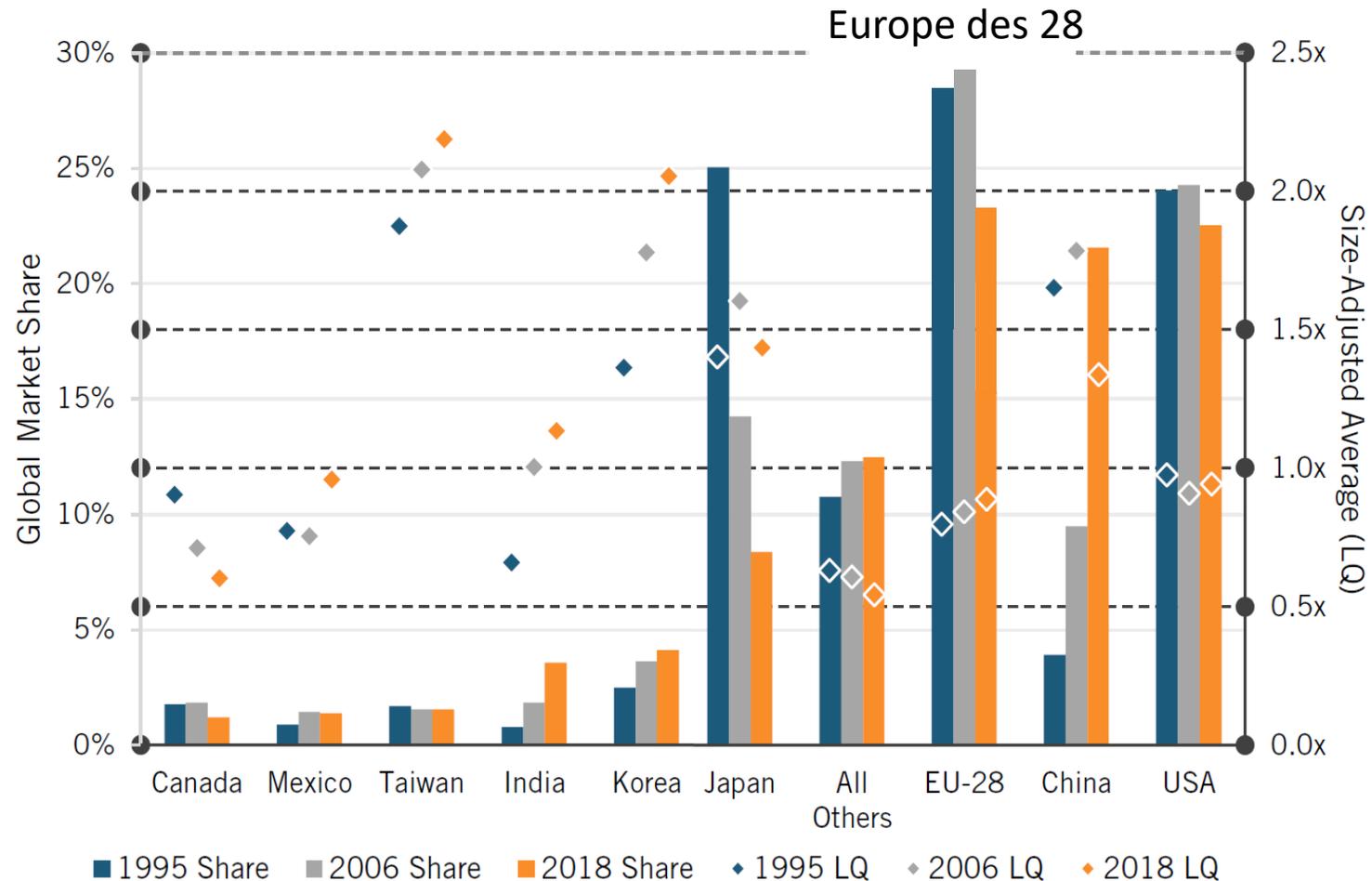
https://www2.itif.org/2022-hamilton-index-advanced-industry-performance_exec-sum.pdf

Source: The Hamilton Index : Assessing National Performance in the Competition for Advanced Industries. ITIF June 2022

L'évolution des grands pays dans les industries de haute technologie de 1995 à 2018 (Performance Hamilton Index)

L'évolution 1995 - 2018 dans les industries de haute technologie montre une nette régression de l'Europe qui reste toutefois leader, un effondrement du Japon et une progression spectaculaire de la Chine, les Etats-Unis restant relativement stables.

La Corée et l'Inde progressent assez fortement à des montants encore modestes.



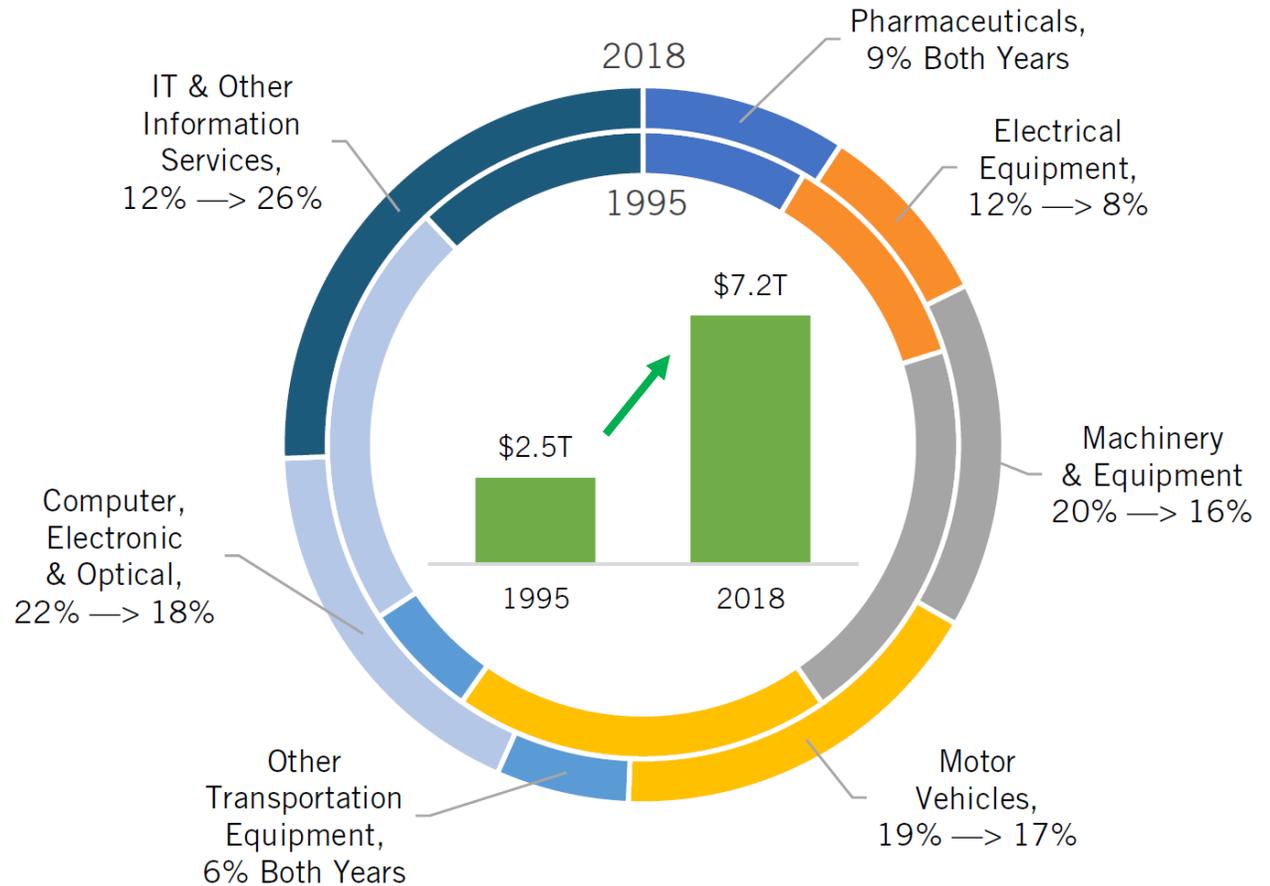
Note : dans la présentation américaine, l'Allemagne a été séparée de l'Union Européenne pour que celle-ci apparaisse en retrait par rapport aux Etats-Unis

https://www2.itif.org/2022-hamilton-index-advanced-industry-performance_exec-sum.pdf

L'évolution du poids relatif des industries de haute technologie de 1995 à 2018 (au sein du Performance Hamilton Index)

L'évolution du poids relatif des différents domaines dans l'ensemble des secteurs high-tech est marquée par la très forte croissance des services d'information et à l'inverse la forte réduction des machines et des équipements électriques et électroniques.

L'ensemble des secteurs high-tech triple de valeur sur la période 1995 - 2018 passant au niveau mondial de 2 500 milliards de \$ à 7 200 milliards de \$.



12 Le commerce extérieur des produits de haute technologie

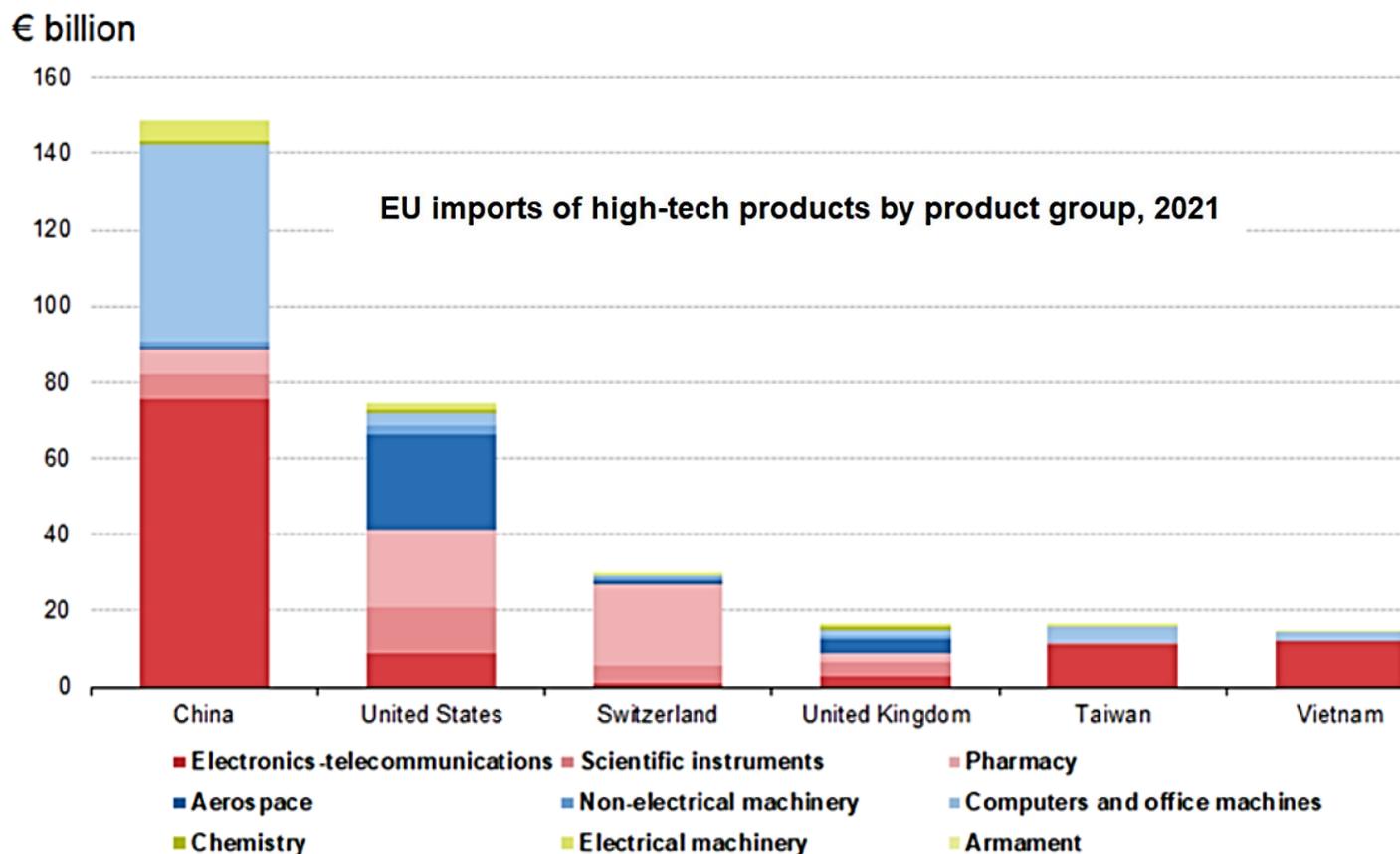


Les grands postes des importations européennes de haute technologie par secteur et par pays

L'Europe importe des matériels de haute technologie essentiellement de Chine, avec deux postes représentant plus de 90% : électronique/télécoms et ordinateurs/périphériques.

Elle importe à moindre titre des Etats-Unis. Avec deux postes clefs : aerospace et médicaments.

Notons que la Suisse intervient comme troisième pays (avec un poste médicaments égal à celui des Etats-Unis.

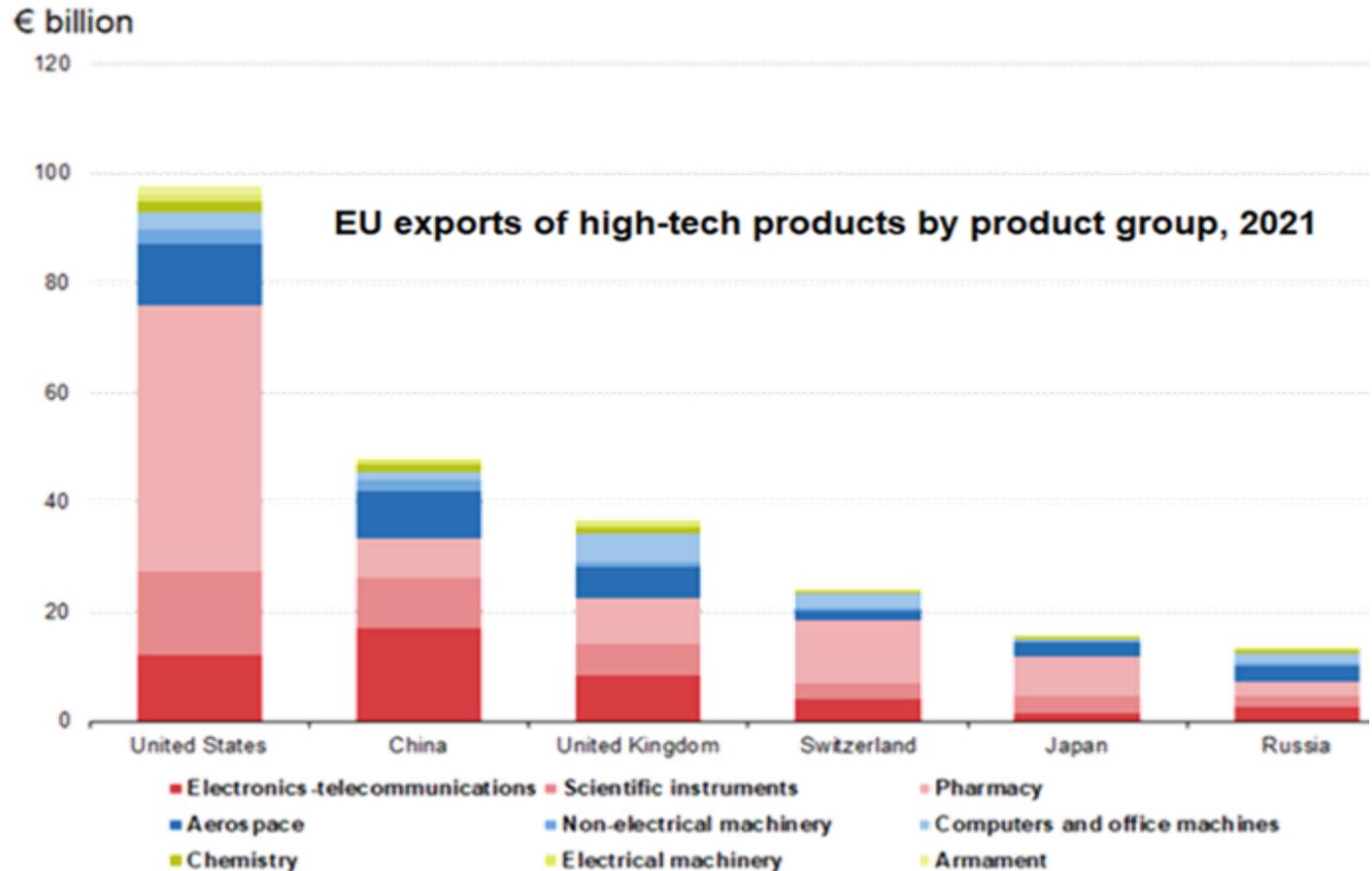


Source: Eurostat (Comext database DS-018995)

Les grands postes des exportations européennes de haute technologie par pays

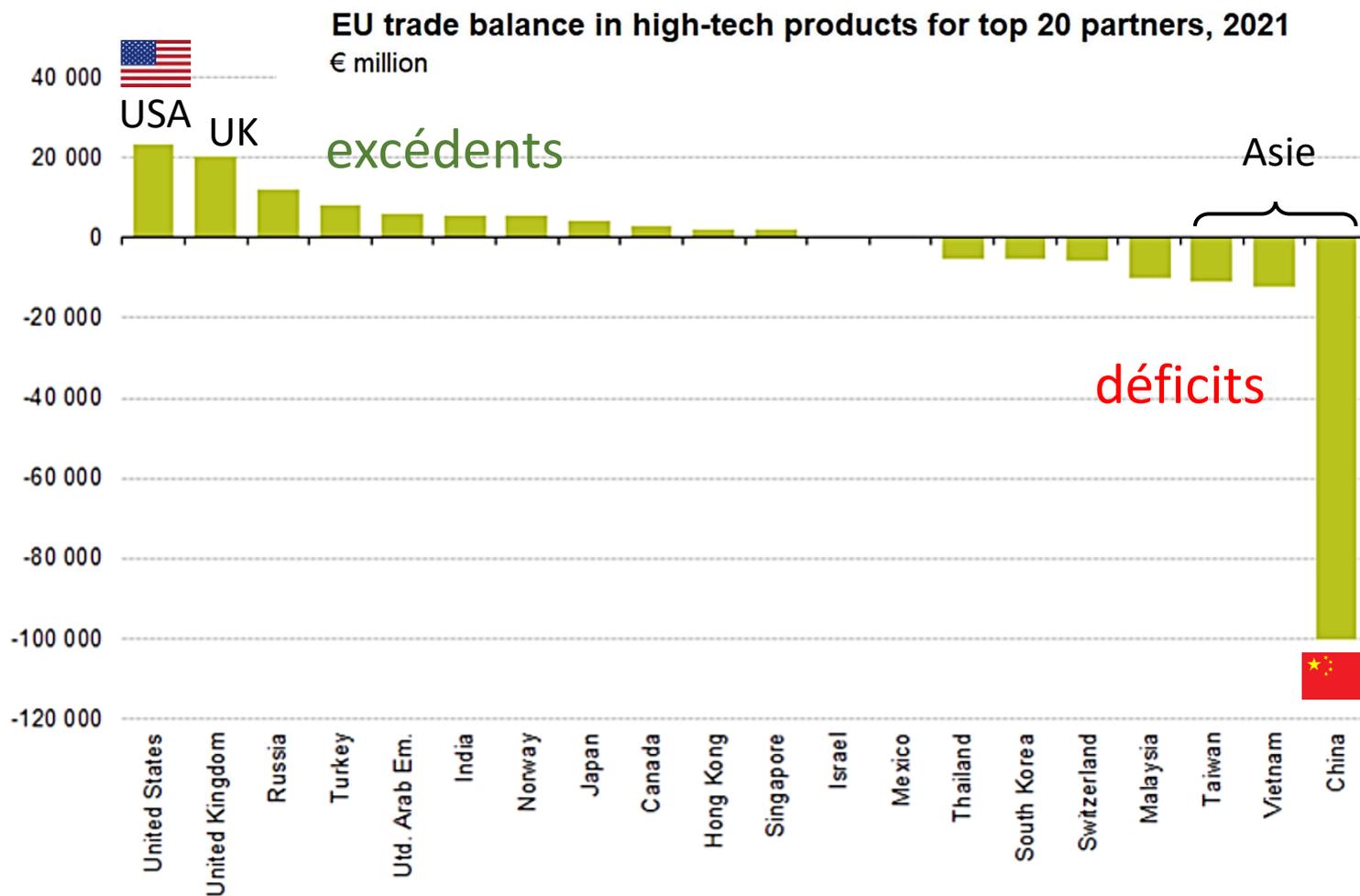
Les Etats-Unis sont le premier marché d'exportation des matériels de haute technologie européens, avec à plus de 50% le poste médicaments et trois postes de plus de 10% : instrumentation, aerospace et électronique/télécom.

Le second marché est la Chine, avec quatre grands postes : électronique/télécom, instrumentation, aerospace et médicaments.



Source: Eurostat (Comext database DS-018995)

Le commerce extérieur européen des produits de haut technologie est légèrement excédentaire, avec un gros déficit asiatique, essentiellement avec la Chine et un excédent significatif avec les Etats-Unis

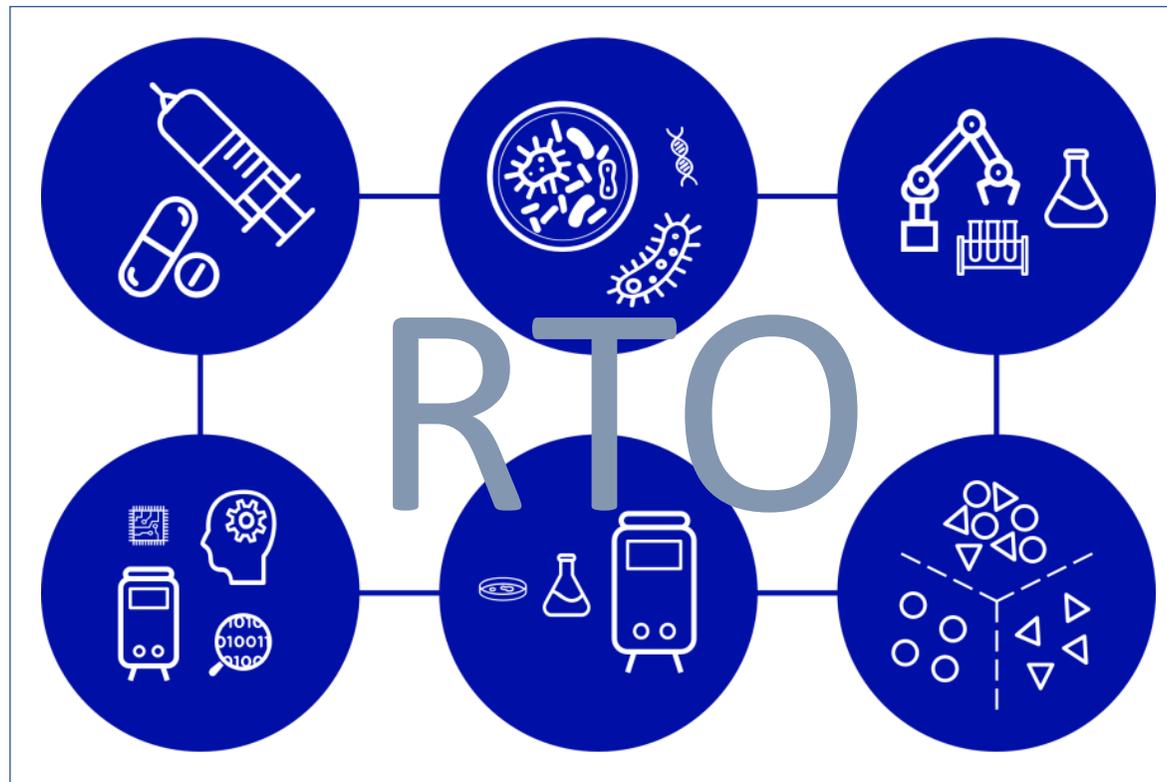


Source: Eurostat (Comext database DS-018995)

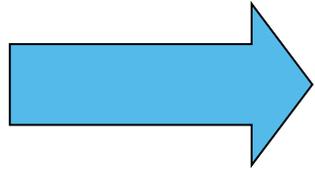
13

L'accès aux nouvelles technologies

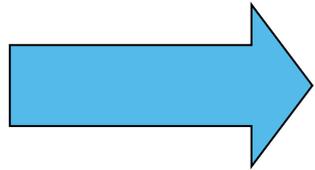
par les Organisations de Recherche
et de Technologie (RTO)



Les quatre grandes voies d'accès aux nouvelles technologies pour les entreprises

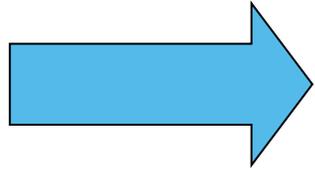


**L'investissement en R&D
propre de l'entreprise**

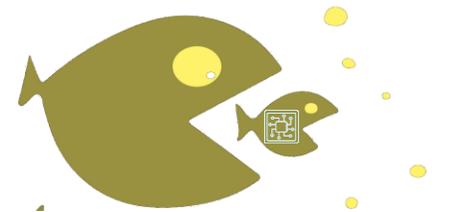


**Les achats de technologies
aux « valeurs technologiques »**

(Fournisseurs de technologies, systèmes,
composants et équipements technologiques)



**Les acquisitions d'entreprises
technologiques spécialisées,
ETI, PME, Startups technologiques**



Les partenariats avec les RTO
(Research & Technology Organizations)



Le rôle croissant des Organisations de Recherche et de Technologie (RTO), un atout européen

« Les organisations de recherche et de technologie (RTO) sont généralement à but non lucratif. Leur mission principale est de fournir une gamme d'activités de recherche et développement au service de partenaires publics et industriels de toutes tailles. Pour ce faire, elles produisent et combinent différents types de connaissances, de compétences et d'infrastructures. L'objectif est de déboucher sur des innovations technologiques et sociales et des solutions qui contribuent au développement socio-économique et au renforcement réciproque de la recherche et de l'industrie. »
Cf. présentation des RTO par l'EARTO : European Association of Research and Technology Organizations

Les RTO se trouvent majoritairement en Europe. Il en existe également en Asie et Pacifique (Japon, Corée, Taiwan et Australie) et également au Canada et au Brésil. La Chine n'a pas d'organisations directement comparables. Les Etats-Unis, qui n'en avaient pas non plus sont actuellement en cours de mise en place d'organisations similaires : les « Industries of the Future Institutes ».

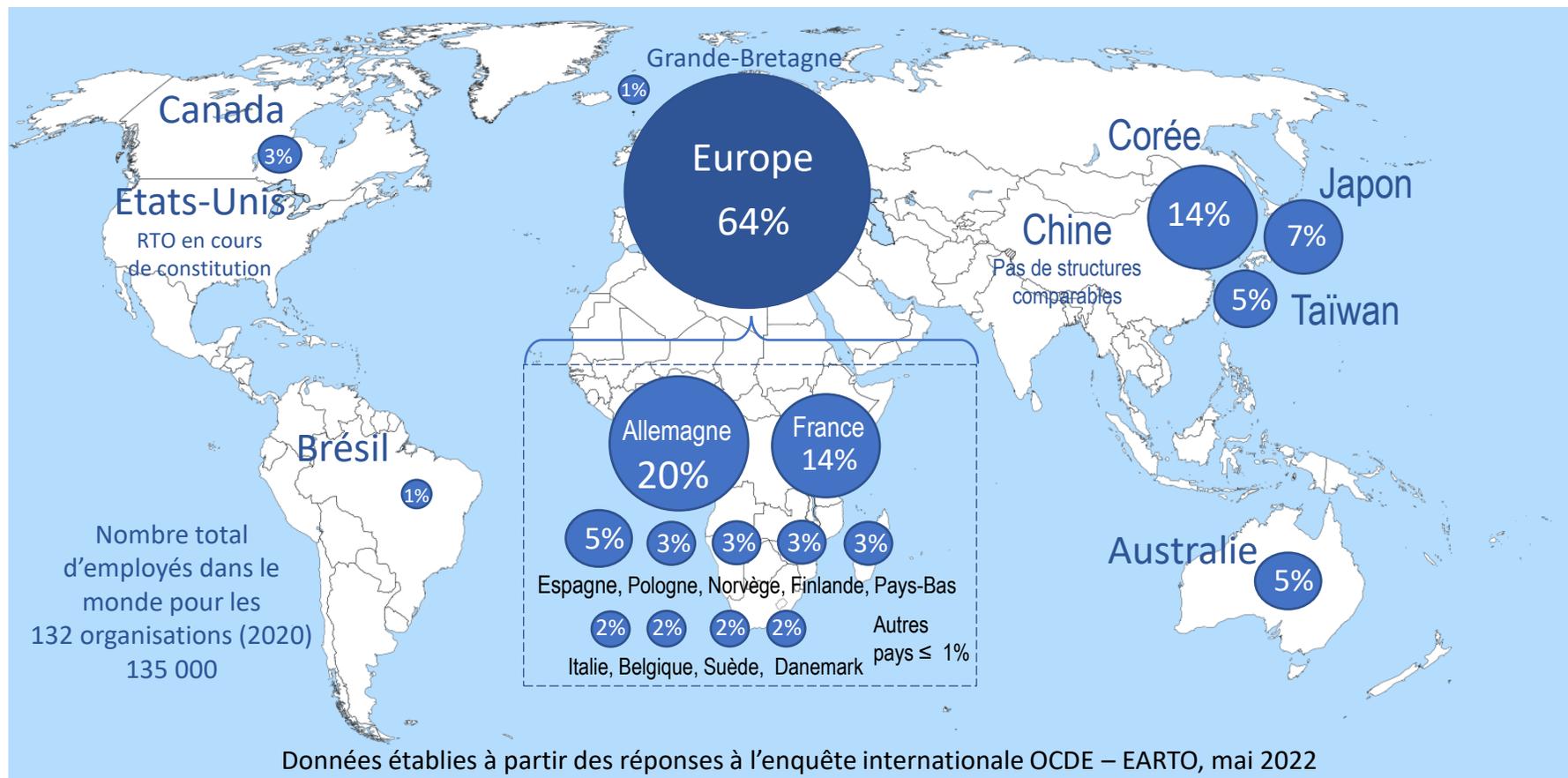
Faisant le lien entre la recherche et l'industrie, les RTO concentrent leur activité de R&D partenariale de TRL 3 à TRL 7, c'est à dire la recherche appliquée, l'industrialisation des technologies et le développement de produits.

Source: The contribution of RTOs to socio-economic recovery, resilience and transitions OECD – EARTO

<https://www.earto.eu/wp-content/uploads/OECD-EARTO-Joint-Study-The-contribution-of-RTOs-to-socio-economic-recovery-resilience-and-transitions.pdf>

Les Organisations de Recherche et de Technologie (RTO) une spécialité européenne qui fait école

Répartition internationale des RTO, selon le nombre d'employés
dans l'enquête internationale de OCDE – EARTO réalisée auprès de 132 organisations



Source: The contribution of RTOs to socio-economic recovery, resilience and transitions OECD – EARTO

<https://www.earto.eu/wp-content/uploads/OECD-EARTO-Joint-Study-The-contribution-of-RTOs-to-socio-economic-recovery-resilience-and-transitions.pdf>

Le développement rapide des RTO

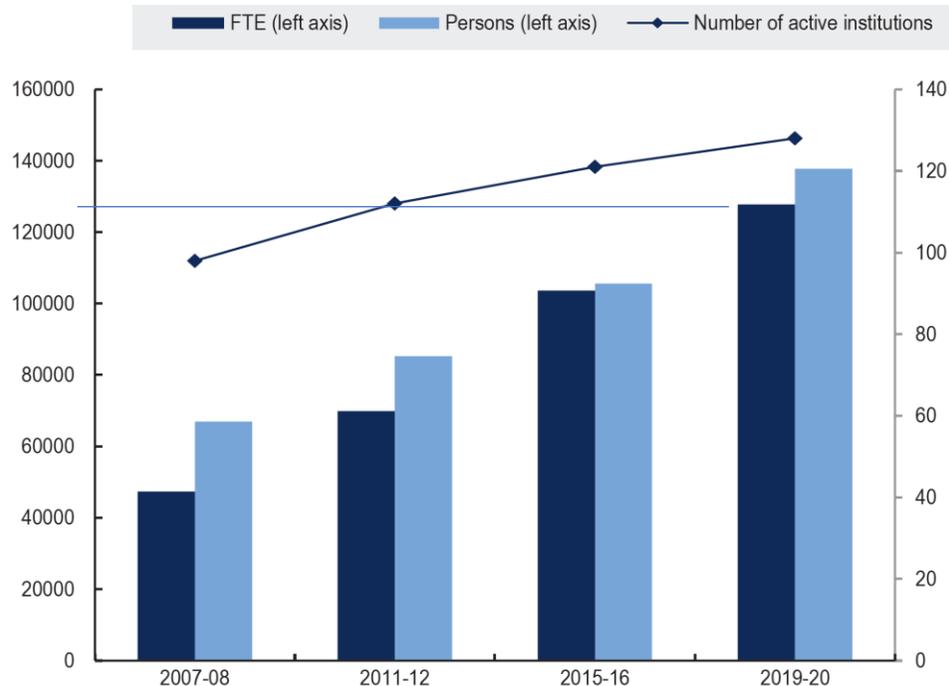
Les Instituts de Recherche et de Technologie (RTO) se sont fortement développés ces dernières années.

Les effectifs des 132 organisations couvertes par l'enquête OECD – EARTO sont passés en équivalent plein temps de moins 50 000 personnes en 2008 à près de 130 000 en 2020.

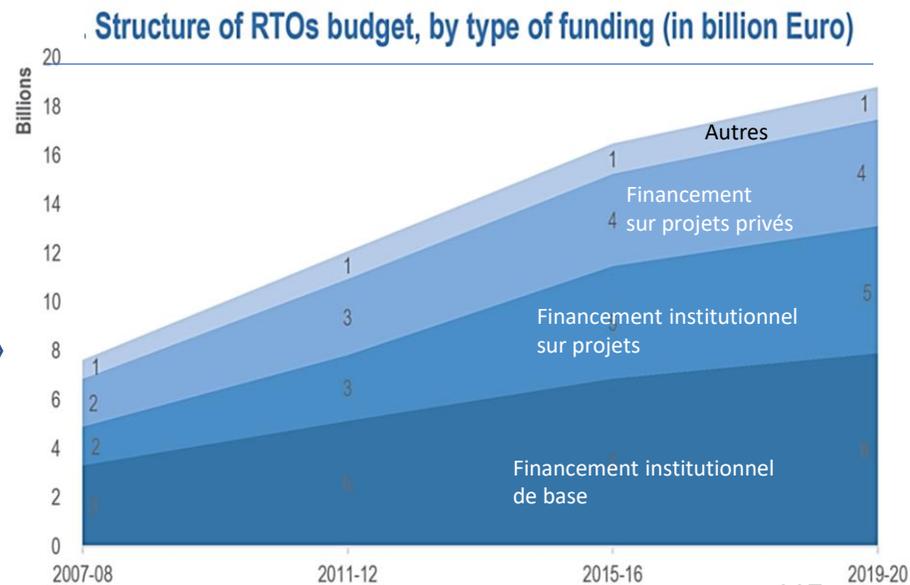
Leurs budgets ont quant à eux progressé de 8 milliards d'euros en 2008 à 19 milliards d'euro en 2020.

Source: The contribution of RTOs to socio-economic recovery, resilience and transitions OECD – EARTO <https://www.earto.eu/wp-content/uploads/OECD-EARTO-Joint-Study-The-contribution-of-RTOs-to-socio-economic-recovery-resilience-and-transitions.pdf>

Evolution du nombre d'employés des RTO



Evolution des budgets des RTO par source de financement



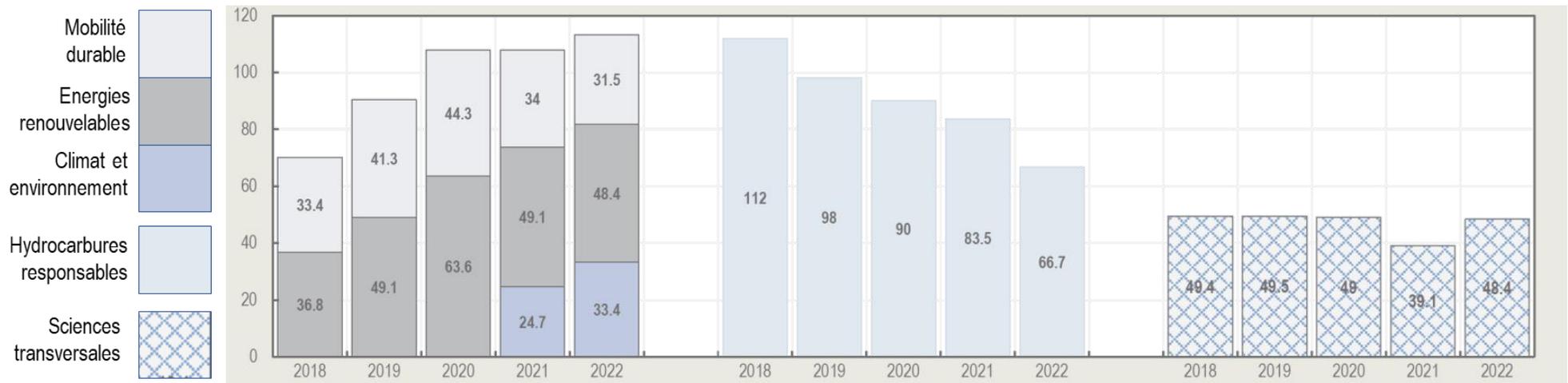
L'utilité des RTO

pour faire face aux nouveaux défis écologiques, énergétiques, de santé et de plus grande autonomie européenne

Les nouveaux grands défis à relever qui s'accumulent obligent les entreprises à s'intéresser à des technologies nouvelles qui se situent en dehors de leurs champs habituels d'expertise. Développer des programmes propres de R&D peut être trop long et trop coûteux et pose le problème de la rareté des compétences humaines spécialisées. Le souhait également d'une moindre dépendance extérieure limite les achats de technologies importées.

La R&D partenariale avec des Instituts de recherche européens à la pointe mondiale des connaissances s'avère très intéressante. Dans une étude récente, l'OCDE démontre le rôle clef que peuvent jouer les RTO pour la relance européenne, la résilience des entreprises et la réussite des transitions énergétique et écologique, en soulignant leur agilité dans le redéploiement de leurs thèmes de recherche.

Exemple du redéploiement du budget de l'IFPEN* par thèmes : 2018 - 2022



* L'IFPEN, 4 500 salariés est un acteur mondial en R&D et formation dans les domaines des énergies, du transport responsable et de l'environnement.

Les Etats-Unis se dotent de RTO

Les « Industries of the Future Institutes »

Après avoir réalisé un benchmark des différentes formes d'instituts faisant le lien entre la R&D et ses applications commerciales, les Etats-Unis ont décidé la création des « Industries of the Future Institutes », actuellement en cours de mise en place.

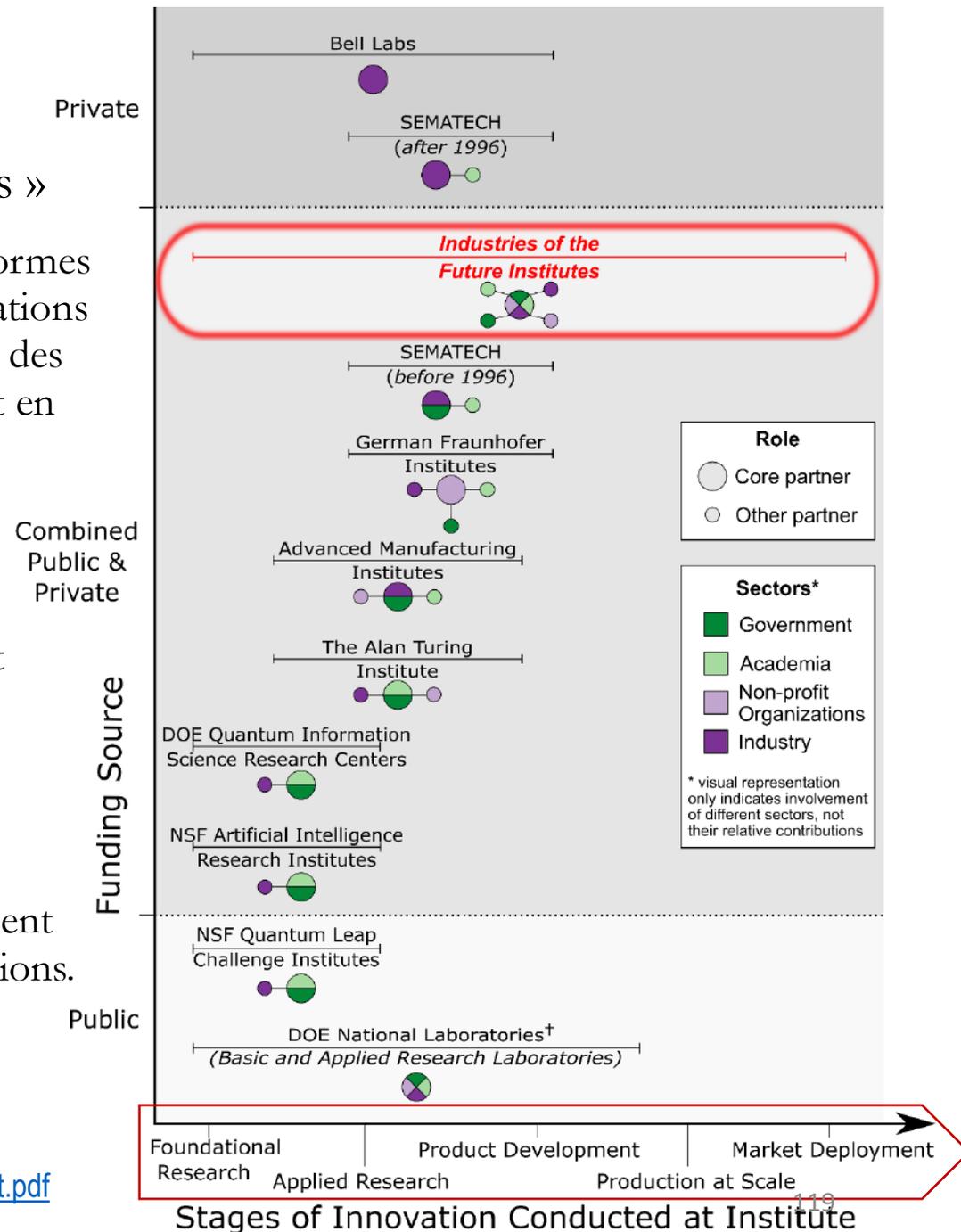
Inspirés des Fraunhofer Institutes, ces organisations dont la mise en place a été annoncée par le Président Biden en septembre 2022 ont un spectre d'activité plus large, couvrant tous les TRL et allant de la recherche fondamentale à la production et au déploiement commercial.

Conçus pour restaurer la compétitivité américaine, notamment face à la Chine, ils sont co-financés par le gouvernement et les entreprises, avec également la participation du monde académique et de fondations.

Source: Industries of the Future Institute

A new model for American Science and Technology Leadership

<http://www.ittc.ku.edu/~sdblunt/papers/PCAST---IOTFI-FINAL-Report.pdf>

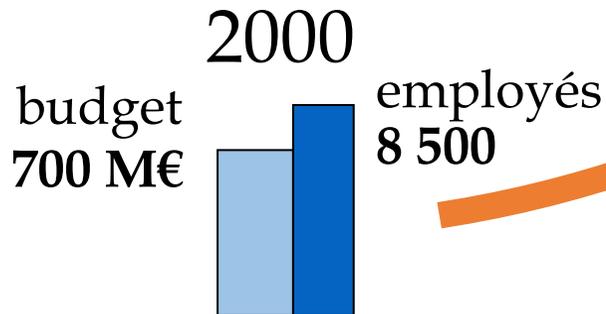


L'expansion internationale
de la première
RTO du monde :
Fraunhofer-Gesellschaft
(76 Instituts)

Créés après la Seconde Guerre mondiale pour aider à la reconstruction de l'industrie allemande, les Fraunhofer Institutes qui couvrent pratiquement tous les champs technologiques fournissent aujourd'hui des prestations technologiques à près de 20 000 entreprises à travers le monde.



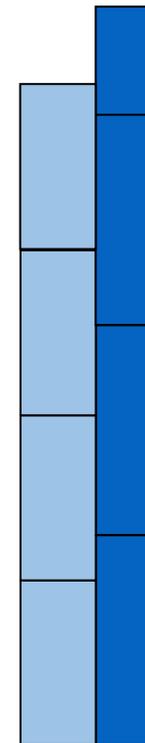
Implantations internationales des Fraunhofer Institutes



budget
2 830 M€

2020

employés
29 100



X 3

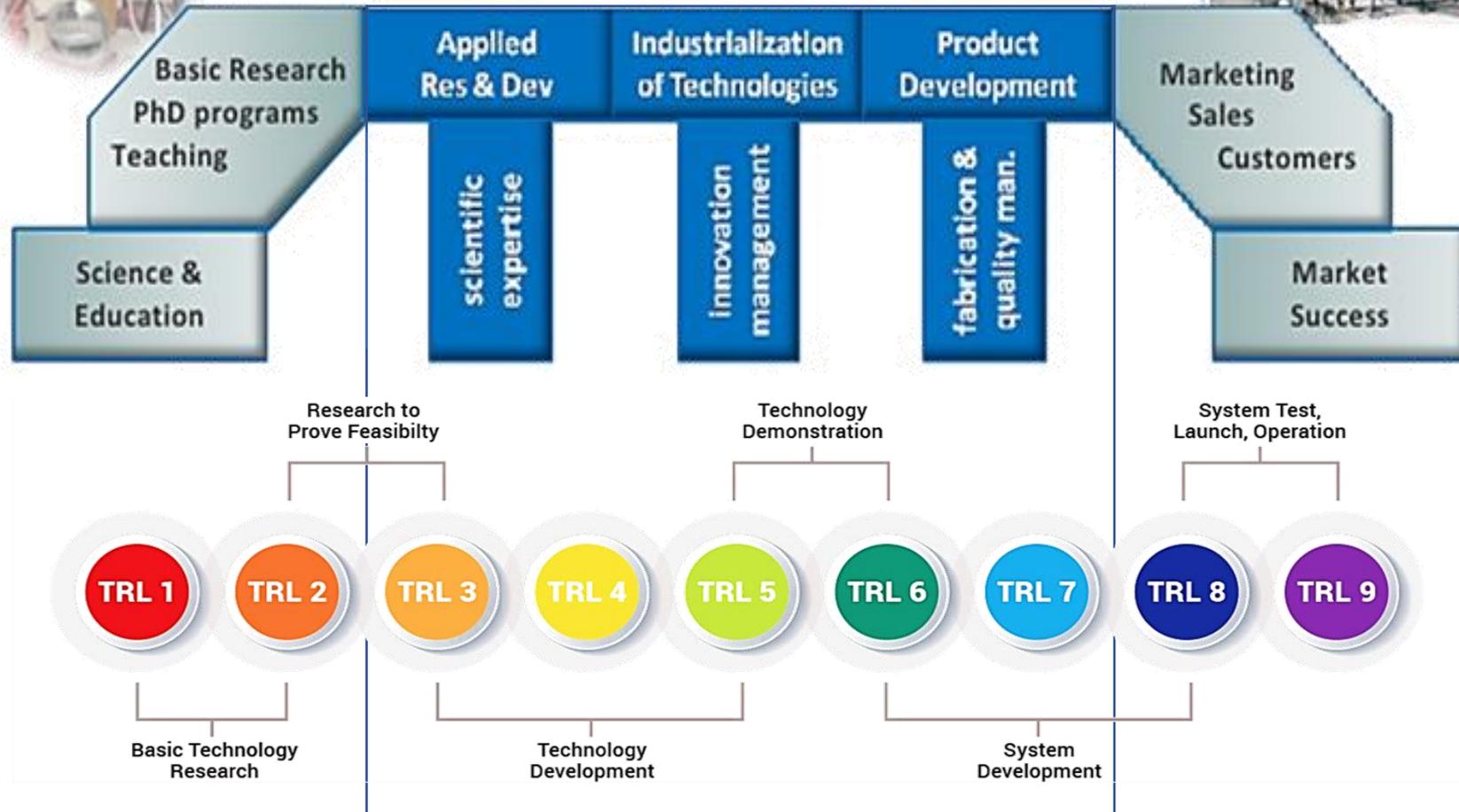
14 Les Organisations de Recherche et de Technologie françaises



Le positionnement des RTO (Research & Technology Organizations)



← TRL 3 à 7 →



Le positionnement de CEA Tech, RTO française de renommée internationale

Construite sur l'expérience réussie du Leti à Grenoble, CEA Tech est forte de 4 500 collaborateurs chargés d'innover au service de l'industrie.

CEA Tech dispose d'une offre très large de technologies génériques issues de ses trois instituts Leti, List et Liten mais aussi des autres directions opérationnelles du CEA.



Innovation : CEA Tech occupe l'espace des niveaux 3 à 7 de l'échelle des TRL (Technology Readiness Level) jouant ainsi le rôle de catalyseur et d'accélérateur d'innovation pour l'entreprise.



Industrie : CEA Tech développe des technologies clés génériques qui présentent l'intérêt de diffuser dans tous les domaines industriels et au sein de tous types d'entreprises, grands groupes, ETI, PME et startup. Ces technologies sont protégées par de nombreux brevets, propriété du CEA, qui font de **CEA Tech le premier déposant de brevets étendus à l'international au plan mondial.**



Plateformes : CEA Tech dispose de plateformes technologiques couvrant l'ensemble de ses technologies et se situant au meilleur niveau international. Mutualisées, elles sont ouvertes à tous les industriels à un coût compétitif.



Expérience : CEA Tech possède une forte culture du résultat basée sur la double expérience recherche/industrie de ses personnels et sur des méthodologies éprouvées de transfert de technologies sur les sites de production industrielle.

<https://www.cea-tech.fr/cea-tech>

Les multiples actions de R&D collaborative du CNRS, institution de recherche couvrant tous les champs de la connaissance

Le Centre National de la Recherche Scientifique est une institution de recherche parmi les plus importantes au monde et internationalement reconnu pour l'excellence de ses travaux scientifiques. Le CNRS regroupe plus de 33 000 employés dont 29 000 scientifiques travaillant dans plus de 1 100 laboratoires couvrant tous les champs de la connaissance.



La recherche partenariale et le support à la R&D des entreprises est un axe d'action qui s'est considérablement développé ces dernières années avec une grande variété de formats, parmi lesquels :

- Des accords cadres de R&D à long terme avec de grands groupes,
- Des structures communes de recherche, laboratoires communs de partage de ressources humaines, matériels et investissement regroupant une recherche au meilleur niveau international dans un domaine donné avec le meilleur de l'industrie et concernant aussi bien de grandes entreprises, des ETI que des PME d'excellence,
- De multiples contrats de collaborations de recherche avec des entreprises de toutes tailles,
- Des plateformes technologiques de pointes accessibles en collaboration.

Une direction dédiée, consacrée aux relations avec les entreprises est en charge de définir et de créer les meilleurs outils de support de la recherche publique à la compétitivité des entreprises, avec des approches aussi bien par champs scientifiques et techniques, par filières industrielles et de services, par grands défis sociétaux que par besoins spécifiques des différents types d'entreprises.

<https://entreprise.cnrs.fr/partenaire-des-entreprises/> <https://entreprise.cnrs.fr/>

Le réseau des instituts labellisés Carnot

Créé en 2006, le label **Carnot** est attribué par le Ministère de la Recherche à des instituts de recherche publique qui réalisent simultanément des activités de recherche amont de très haut niveau, propres à renouveler leurs compétences scientifiques et technologiques, et une politique volontariste en matière de recherche répondant aux besoins du monde socio-économique, de la PME aux grands groupes.

Ce label garantit à la fois l'excellence scientifique de l'organisme de recherche et son aptitude à la réalisation de services de R&D pour les entreprises.

Le nom du label « Carnot » a été choisi en l'honneur du physicien Sadi Carnot (1796-1832), référence de la recherche scientifique la plus avancée et de sa mise au service de la société. Il a établi le second principe de la thermodynamique qui régit le fonctionnement de multiples appareils de la vie courante (moteurs thermiques, réfrigérateur, pompe à chaleur...).

39 instituts de recherche, de réputation mondiale, sont actuellement labellisés Carnot.

<http://www.lereseaudecarnot.fr>

Les 39 instituts Carnot et leurs champs d'activité

3BCAR



Bioénergies, biomolécules et matériaux biosourcés par la valorisation du carbone renouvelable [3BCAR](#)

AgriFood Transition



Systèmes alimentaires durables pour la santé humaine et l'environnement [AgriFood Transition](#)

AP HP



Premier Centre Hospitalier Universitaire d'Europe [AP HP](#)

ARTS



Recherche technologique et scientifique pour l'innovation dans l'industrie durable [ARTS](#)

CALYM



Innovation et transfert dans le domaine du lymphome [CALYM](#)

CEA LETI



Electronique et technologies de l'information [CEA LETI](#)

CEA LIST



Systèmes numériques intelligents [CEA LIST](#)

Cetim



Innovation des industries manufacturières [Cetim](#)

Les 39 instituts Carnot et leurs champs d'activité

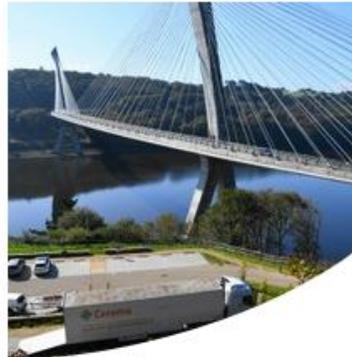
Chimie Balard Cirimat



Chimie, Matériaux
et Procédés

[Chimie Balard Cirimat](#)

Clim'adapt



Transition vers une économie
sobre en ressources,
décarbonée et respectueuse
de l'environnement [Clim'adapt](#)

Cognition



Technologies cognitives
augmentant la valeur dans
un contexte d'usage de plus
en plus personnalisé [Cognition](#)

Curie Cancer



Premier centre français
de recherche
en cancérologie

[Curie Cancer](#)

Eau & Environnement



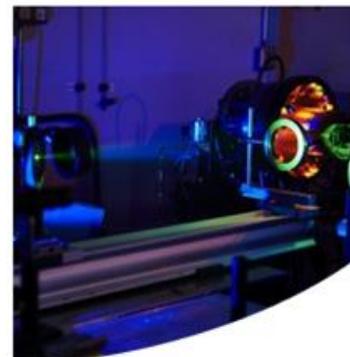
Gestion de l'eau et
des écosystèmes
aquatiques [Eau & Environnement](#)

Energies du futur



Nouvelles technologies de
l'énergie à faible empreinte
carbone [Energies du futur](#)

ESP



Énergie et Systèmes de
Propulsion

[ESP](#)

France Futur Élevage



Recherche agro-vétérinaire
et services à l'élevage

[France Futur Élevage](#)

Les 39 instituts Carnot et leurs champs d'activité

I2C (Innovation Chimie Carnot)



Chimie durable tournée vers la santé et le bien-être

[I2C \(Innovation Chimie Carnot\)](#)

Icéel



Ingénierie répondant aux enjeux sociétaux liés à l'énergie et à l'environnement

[Icéel](#)

IFPEN Ressources Energétiques



Energies renouvelables, minimisation de l'impact climatique de l'industrie et de la production d'énergies fossiles
[IFPEN Ressources Energétiques](#)

IFPEN Transports Energie



Mobilité durable : électrifiée, connectée et à faible impact environnemental

[IFPEN Transports Energie](#)

Imagine



Maladies génétiques

[Imagine](#)

Ingénierie@Lyon



Ingénierie des systèmes, matériaux et procédés innovants
[Ingénierie@Lyon](#)

Inria



Sciences et technologies du numérique

[Inria](#)

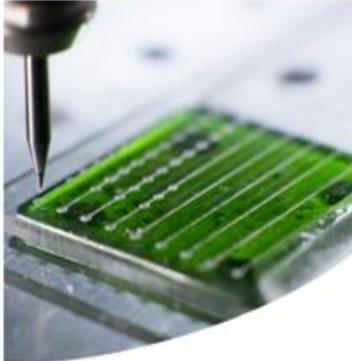
Institut du Cerveau



Nouvelles technologies en neurologie, psychiatrie et cognition
[Institut du Cerveau](#)

Les 39 Instituts Carnot et leurs champs d'activité

IPGG Microfluidique



Milli-, micro- et nanofluidique, fluides complexes sous écoulement et chimie en flux continu [IPGG Microfluidique](#)

ISIFoR



Ingénierie durable des géoressources

[ISIFoR](#)

LSI



Logiciels et systèmes intelligents

[LSI](#)

M.I.N.E.S



Offre pluridisciplinaire de méthodes innovantes pour l'entreprise et la société

[M.I.N.E.S](#)

MECD



Construction et aménagement intérieur

[MECD](#)

MERS



Ingénierie pour des activités maritimes dérisquées, durables et numériques

[MERS](#)

MICA



Matériaux fonctionnels, surfaces, interfaces et procédés associés

[MICA](#)

OPALE



Leucémies et maladies apparentées, premier cancer de l'enfant

[OPALE](#)

Les 39 instituts Carnot et leurs champs d'activité

Pasteur MS



Maladies infectieuses
et maladies chroniques

[Pasteur MS](#)

Plant2Pro



Transition agroécologique
et compétitivité des pro-
ductions végétales agricoles

[Plant2Pro](#)

PolyNat



Matériaux nanostructurés
et dispositifs biosourcés à
haute valeur ajoutée

[PolyNat](#)

Qualiment



Aliments mieux produits,
mieux construits, mieux
perçus et mieux adaptés

[Qualiment](#)

STAR



Sport, santé et bien-être

[STAR](#)

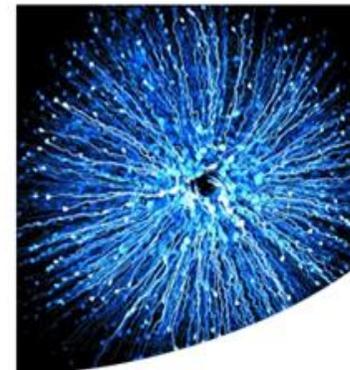
Télécom & Société numérique



Sciences et technologies
du numérique

[Télécom & Société numérique](#)

Voir et Entendre



Pathologies et handicaps
affectant les systèmes visuels
et auditifs

[Voir et Entendre](#)

Profil de recherche de l'auteur de ce document:

Marc Giget a consacré une grande partie de son activité de recherche à l'analyse et à la mesure des compétences technologiques et de leur synergies avec les autres compétences (core competencies) dans les stratégies d'entreprises et leurs valorisations, notamment par les arbres de compétences. Il est considéré comme l'auteur fondateur des recherches publiées sur la gestion des compétences technologiques au niveau international au cours des vingt dernières années*.

Directeur du groupe de recherche « Studies on Economics of Science and Technology (SEST), puis Professeur titulaire de la Chaire d'économie et gestion de la technologie et de l'innovation du CNAM de 1990 à 2000, il est aujourd'hui Directeur scientifique et Président de l'European Institute for Creative Strategies and Innovation (EICSI) et membre de l'Académie des Technologies.

Articles récents :

« **La démographie à l'épreuve des « mégatendances** »,
in *La Recherche*, N° 567, octobre-décembre 2021 [trimestriel 567](#)

« **Les mutations du management de l'innovation** »
interview par Jean-François SATTIN, Pôle de recherches interdisciplinaires en sciences du management de l'École de management de la Sorbonne
in *Management & Human Enterprise Revue Interdisciplinaire Management, Hommes et Entreprises*, RIMHE 2021/4 [2021/4 \(n° 45, Vol. 10\)](#)

« **Stratégies d'innovation des entreprises leaders – Perspectives 2030, horizon 2050** »
in *Futuribles* mars-avril 2022 N° 447 <https://www.futuribles.com/fr/revue/>

“Getting in tune with consumers and their emotions”,
in the Special international issue « Innovation, a recurring obsession » *Cosmetic Industries* April 2022
<https://heyzine.com/flip-book/c8b453b0c6.html>

« **Les megatrends, outil de pilotage des investissements stratégiques** » in *La Revue de l'Énergie* n° 663 – juillet-août 2022
<https://www.larevedelenergie.com/archives-de-la-revue/>

Ouvrage récent

« **Pérennité, innovation et résilience des entreprises** » : panorama mondial, critères fondamentaux, témoignages de dirigeants
Marc Giget et Véronique Hillen : Editions EICSI, mai 2021, 318 p.
<https://livre.fnac.com/a15953082/Marc-Giget-Perennite-innovation-et-resilience-des-entreprises>

* “**Technological Competences, a Systematic Review of the Literature in 22 Years of Study**”

Norma Candolfi Arballo, María Elena Chan Núñez, Bernabé Rodríguez Tapia
in *International Journal of Emerging Technologies in Learning* Vol. 14, No. 4, 2019 <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/9118>



EUROPEAN INSTITUTE
FOR CREATIVE STRATEGIES
& INNOVATION