



FAIRE DE LA FRANCE UNE NATION DE SAVANTS

POUR UNE NOUVELLE STRATÉGIE FRANÇAISE DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION AFIN DE GAGNER LA COURSE TECHNOLOGIQUE

Par William THAY, Président du Millénaire

Clément PERRIN, Directeur des Études

et Sacha MAIRE, Analyste



AVANT-PROPOS

La recherche Française : de la planification à l'internationalisation

Dès les années 1980, les Français pouvaient accéder à leur banque, réserver des voyages ou effectuer des démarches administratives en ligne. Alors que toutes ces activités étaient devenues évidentes pour des millions de Français, seul un nombre restreint de militaires et de scientifiques de haut niveau avaient accès à des technologies comparables aux Etats-Unis. Issu d'un programme gouvernemental né pour moderniser le système de télécommunication du pays, le projet du Minitel avait été porté par l'entreprise publique "France Telecom", chargée alors de distribuer gratuitement un exemplaire à chaque foyer du pays. Cependant, le produit ne s'est jamais répandu au-delà de nos frontières, à l'exception de la Belgique. De plus, conçu comme une interface graphique du réseau téléphonique, le Minitel aura été rapidement remplacé, même en France, par le World Wide Web, invention du professeur britannique expatrié aux États-Unis, Tim Berners-Lee.

Il a été soutenu par Hugh Schofield (journaliste à la BBC) que l'effondrement du Minitel, notamment en raison de leur incapacité à l'exporter, était imputable aux dirigeants seuls de France Télécom, pour des principes commerciaux qui leur étaient propres. Cependant, il est également courant d'affirmer que le gouvernement français avait délibérément arrêté son conseil de recherche en informatique soutenu par l'État, convaincu d'avoir atteint le monopole du marché. Il semble donc que l'absence de politique d'orientation de la recherche ait été à l'origine de l'incapacité de la France à rester un concurrent crédible des technologies de l'information américaines, et non l'inverse. En effet, lorsque le même gouvernement français a persisté dans l'orientation de certaines technologies spécifiques, des champions industriels sont nés. C'est le cas dans l'aviation, avec le Concorde ou Airbus, aujourd'hui premier constructeur d'avions mondial, des trains à grande vitesse, ou plus généralement des institutions scientifiques, comme le Centre national de la recherche scientifique, le CNRS, 6ème producteur de

brevets en France, et 4ème éditeur d'articles scientifiques mondial en 2020. On peut également citer le Centre de recherche atomique, CEA, premier producteur européen de brevets.

Nous devons ces succès, les derniers qui fassent encore plusieurs décennies après la fierté économique de la France, aux mesures mises en place par le Général de Gaulle. La débâcle française de 1940 face à une armée allemande motorisée et aérienne aura fait prendre conscience de l'importance de la technologie et de l'innovation en matière de défense et d'intérêts nationaux. La victoire américaine sur le Japon par l'utilisation d'armes atomiques aura fini par imposer pleinement cette nécessité. Animé par l'idée de l'indépendance nationale, le Général de Gaulle s'empresse de poser les bases en 1945 du CEA et du CNRS. Le premier a alors comme objectif de donner une indépendance en matière d'énergie et de défense nucléaire. Le second a vocation à centraliser la recherche fondamentale et à être le lieu de sa coordination afin d'anticiper les futurs intérêts de la nation. En revenant au pouvoir en 1958, De Gaulle finit d'instaurer un mode d'évaluation de la recherche scientifique qui incombe au politique, celui-ci après consultation d'un comité d'experts, étant le dernier à trancher.

Comment la France a-t-elle dès lors perdu son statut de grande puissance scientifique, maintenant loin derrière ses voisins Allemands, Anglais et plus encore les Américains ou les pays d'Asie ? Nous tâcherons d'établir un état des lieux de la recherche française, et de broser un portrait des mesures politiques prises depuis la présidence du Général de Gaulle. Cela nous conduira à établir les défauts dont la France pâtie en matière de recherche et nous permettra alors d'établir des propositions afin de redonner à la France sa grandeur et son rayonnement scientifiques et techniques. Notre objectif de faire de la France, une nation de savants est d'autant plus impératif que le monde est entrée dans une phase de progrès de plus en plus rapide et que les États sont en concurrence pour obtenir un avantage comparatif.

Depuis la Seconde Guerre mondiale, le progrès scientifique et technologique est de plus en plus important et rapide. La rapidité avec laquelle l'humanité a été capable de produire un vaccin un an après l'apparition de la Covid-19 en est une illustration. Le paysage scientifique et technologique a considérablement évolué, et il est probable que le rythme du changement s'intensifiera dans les prochaines années. Les technologies et leurs applications sont développées et adoptées plus rapidement que jamais avec l'accélération de la découverte avec l'intelligence artificielle. Ces progrès ne concernent pas uniquement les grandes entreprises technologiques mais bénéficieront à l'ensemble des secteurs de la société. Cela entraîne plusieurs conséquences notamment sur la course à l'avantage comparatif sur le plan technologique, les normes portant sur les données et la technologie, ainsi que de nouveaux défis portant sur la sécurité, la société et les droits individuels.

La course au progrès technologique et scientifique sera, au cours des prochaines décennies, une des clés de la compétition mondiale en conférant des avantages économiques, politiques et militaires aux nations et organisations bénéficiaires. Cette course est d'autant plus intensive que différents acteurs se mêlent à cette compétition. Les superpuissances investissent pour conserver leur avantage, mais ils sont concurrencés par de nombreux pays ainsi que par de grandes entreprises qui sont capables d'être plus puissantes que les États en absorbant les innovations produites par les petites entreprises. Dans cette course, les champions nationaux sont soutenus par des États. Ces derniers adoptent de plus en plus une approche globale pour s'assurer d'une domination dans les domaines cruciaux. Il s'agit à la fois d'avoir la capacité de générer des données qui croissent de manière exponentielle tout en les utilisant pour stimuler l'innovation. L'objectif d'avoir un avantage concurrentiel dépend ainsi de la prééminence de l'accès à la technologie avec les ressources humaines et naturelles pour l'exploiter ainsi que d'avoir une capacité à protéger la propriété intellectuelle.

La France a toujours été dans les premières nations du monde depuis plus de 1000 ans, et il n'y a pas de fatalisme à nous voir écartés de la course pour

le leadership mondial sur la recherche, la technologie et l'innovation. Nous possédons des atouts financiers, humains, institutionnels mais ils doivent être mis au service d'une nouvelle vision : faire de la France, une nation de savants.

AVANT-PROPOS	2
ÉTAT DES LIEUX DE LA RECHERCHE FRANÇAISE	8
LE GAULLISME ET L'ÂGE D'OR DE LA RECHERCHE	8
UNE RECHERCHE FRANÇAISE EN PERDITION DE RAYONNEMENT.....	10
L'EMPLOI SCIENTIFIQUE EN FRANCE.....	11
UN REcul D'INTÉRÊT POUR LES DOCTORATS	13
DES ÉTUDES ATTRACTIVES MAIS SANS RÉTENTION DES CERVEAUX	14
DISPARITÉS PAR RÉGIONS.....	16
Un nombre élevé de chercheurs	16
Une part déjà importante du PIB	17
Des partenariats public-privé en croissance	18
LES DÉFAILLANCES DE LA RECHERCHE FRANÇAISE FACE À LA CONCURRENCE INTERNATIONALE.....	19
QUELQUES INDICATEURS DE COMPARAISON VIS-À-VIS DE LA SCÈNE INTERNATIONALE	19
Des dépenses brutes de R-D à l'international peu flatteuses pour la France	19
Le nombre de chercheur dans le secteur public.....	20
Le nombre de chercheur, secteur public et privé confondu.....	21
Un rang des publications qui ne cesse de baisser	22
L'EXEMPLE DE NOS VOISINS ALLEMANDS ET BRITANNIQUES.....	25
L'Allemagne	25
Le Royaume-Uni	26
L'efficacité de la recherche française	27
Les difficultés du système universitaire français et sa bureaucratisation.....	29
Le manque d'attractivité des carrières de recherche	29
Un déficit budgétaire	30
La problématique épineuse du Crédit d'Impôt Recherche	31
FAIRE DE LA FRANCE UNE NATION DE SAVANTS.....	36
UNE NOUVELLE VISION STRATÉGIQUE POUR UNE NATION DE SAVANTS	38
GAGNER LA BATAILLE DE L'INNOVATION	41
GAGNER LA GUERRE DES CERVEAUX.....	45
Rêver avec les grands projets	49

CONCLUSION.....	57
-----------------	----

ÉTAT DES LIEUX DE LA RECHERCHE FRANÇAISE

LE GAULLISME ET L'ÂGE D'OR DE LA RECHERCHE

L'action du général de Gaulle à l'égard de la recherche scientifique et technique a été importante et souvent décisive. **Certains qualifient le premier septennat (1958-1965) d'âge d'or de la recherche en France.** Cela peut s'expliquer par l'heureuse conjonction de plusieurs facteurs : une œuvre institutionnelle bien adaptée aux problèmes d'alors, l'autorité du chef de l'État, le suivi assuré par la collaboration de nombreux scientifiques puis enfin l'accroissement régulier et cohérent des moyens au cours des sept années.

Il en résulte - et ce sera là **un principe que le général de Gaulle fera sien, que l'activité de recherche ne peut être évaluée, quant à sa qualité propre, que par des hommes qui la pratiquent eux-mêmes** ; la faisabilité des projets et la fiabilité des résultats ne peuvent être jugées que par des spécialistes, des techniciens. Mot qui, pour le chef de l'État, désigne les chercheurs de la science ou des techniques.

Le général de Gaulle, devenu chef de l'État en 1958, se trouvera d'abord devant un problème de gouvernement : soumettre les organismes de recherche créés dans les départements ministériels à une coordination des efforts et à une évaluation scientifique communes. **Il provoquera une prise de conscience chez les intéressés de l'unité de la recherche et de sa valeur, et la rendra indépendante des complexités administratives qui, en France, s'ajoutaient à la multiplication des domaines de recherche scientifiques et techniques.** Le général de Gaulle, dès l'automne 1958, voit l'urgence « d'y mettre de l'ordre »

Le décret du 26 novembre 1958 créait en effet un comité interministériel de la recherche scientifique et technique (CIRST) sous la présidence du Premier

ministre. Il réunit douze scientifiques experts, on les appellera les douze Sages, avec les membres du gouvernement qui ont des responsabilités dans la recherche scientifique et technique (Éducation, Agriculture, Santé, Armées, Finances, Industrie). Cette liste devait rapidement s'accroître par l'addition des Affaires étrangères, des PTT, du Travail. **Fait essentiel : les experts sont choisis en fonction de leurs compétences en matière de recherche scientifique et technique, compétence personnelle et non pas autorité administrative.** Ces experts seront indépendants (ils le prouvèrent). La tâche bénévole de haute responsabilité qu'ils ont assumée en prenant sur le temps de leurs propres recherches a montré leur dévouement. Les douze experts furent renouvelés par moitié tous les deux ans. Il y a donc coordination (et confrontation) des projets de recherche et des demandes budgétaires des ministres afin de définir ce que sera l'enveloppe de la recherche. Mais ce travail est fait en présence d'experts tenus d'en donner l'évaluation scientifique, c'est-à-dire des jugements sur la valeur scientifique ou technique des services concernés et aussi des projets et des créations de services nouveaux qui sont proposés soit par le ministre, soit par les experts du CCRST eux-mêmes après une première étude. Si fréquentes qu'aient été les réunions du CCRST, elles ne suffisaient pas à la continuité de l'énorme travail d'information nécessité par ses responsabilités ; la préparation de l'enveloppe de la recherche demandait un suivi des affaires et l'appui d'un secrétariat. Un délégué général est chargé de l'organiser. En fait autour de lui se constitue la DGRST. Les délégués généraux furent successivement Pierre Piganiol (chimiste), André Maréchal, puis Pierre Aigrain, tous deux physiciens.

Le déroulement de l'action concertée a souvent permis de juger de la fécondité d'un thème et de la nécessité de le poursuivre à travers une institution à créer. Parmi les neuf actions, citons l'océanographie qui devait conduire à la création du Comité national d'exploration des océans, CNEXO (1967). De l'action électronique, informatique et automatique devaient naître le plan Calcul et la création de l'Institut de recherches en information et automatique (INRIA). L'action Espace a enfanté le Centre national d'études spatiales (CNES). Les actions concertées doivent beaucoup aux travaux

menés à la délégation, au délégué général en particulier. Mais elles étaient conformes à la pensée du général de Gaulle, à son action politique, et soutenues par l'autorité de ses décisions initiales.

L'intérêt porté par le Général à la recherche française est pour beaucoup lié à l'idée nationale ; c'est à la place qu'elle peut donner à la France parmi les nations développées, plus qu'à sa contribution au progrès général. Il considère qu'une recherche active est un atout pour l'indépendance nationale.

Depuis la présidence du général de Gaulle, La France a cherché à moderniser et à internationaliser l'agencement et la direction de sa recherche, en l'adaptant au modèle international. A l'inverse du système français de grands organismes de recherche (CNRS, CEA, INRIA, Inserm etc) et du statut fonctionnarisé de ses chercheurs, les systèmes de recherche les plus performant, aux Etats-Unis, au Royaume-Uni, ou encore au Japon sont organisés par laboratoires, avec à leurs têtes des Principal Investigators (PI), véritables dirigeants de PME qui gèrent la recherche et l'allocation de fonds à leurs projets. Ses chercheurs sont en concurrence permanente dans la guerre de la publication. Avec la réforme de la recherche et la fondation de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), nous avons débuté sous la présidence de Nicolas Sarkozy une transition vers ce système international. Cependant, la transition est toujours inachevée, et la France doit maintenant définir pleinement le modèle dans lequel elle souhaite s'engager.

UNE RECHERCHE FRANÇAISE EN PERDITION DE RAYONNEMENT

La France perd petit à petit sa part d'influence dans le monde scientifique. La France était ainsi en 2018 le 7^{ème} pays en termes de publications scientifiques, avec pas moins de 60 000 publications de moins que son voisin Allemand, quatrième sur la liste. Par ailleurs, la recherche publique française pâtie fortement d'une incapacité à passer du stade de

recherche pure ou théorique, à celui de développement, caractérisée par l'obtention d'un brevet. Ainsi, le CNRS était en 2020 le quatrième éditeur d'articles scientifiques à l'échelle mondiale, mais sixième dépositaire de brevet à l'échelle nationale. **La bonne performance du CNRS en termes de publications est également à relativiser, ayant été deuxième publiant mondial à il y a encore 10 ans.**

L'EMPLOI SCIENTIFIQUE EN FRANCE

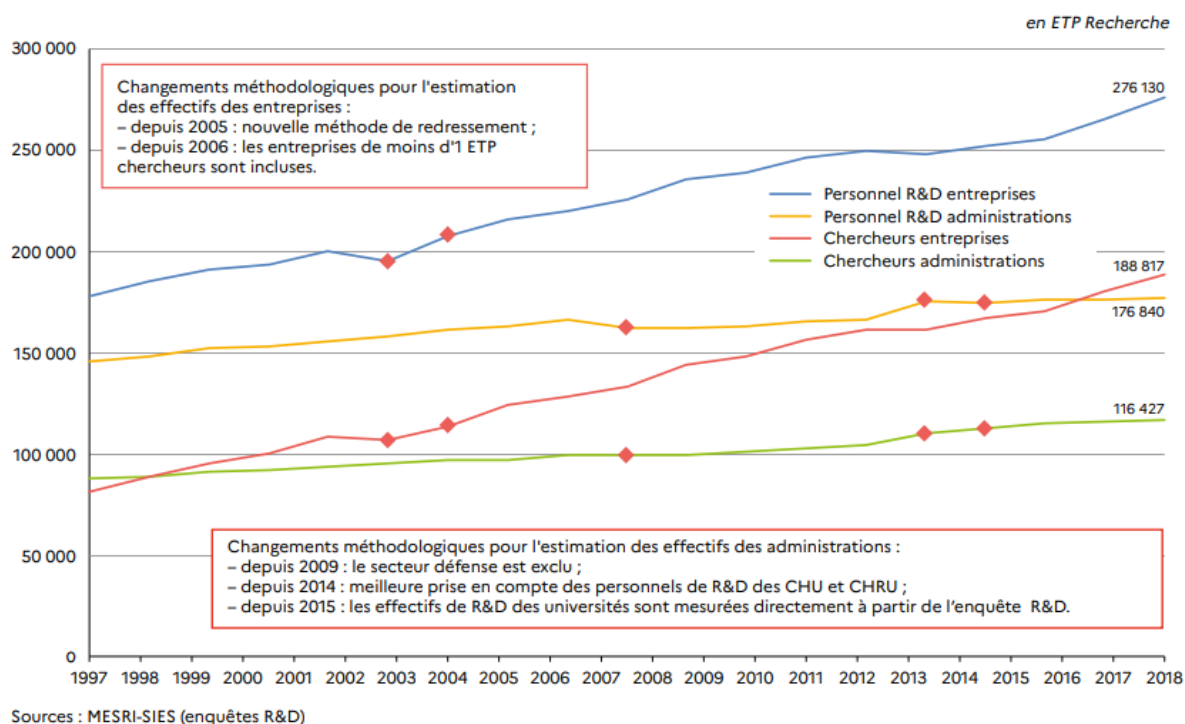
L'emploi scientifique désigne l'ensemble des personnes travaillant directement en recherche et développement, dans le secteur public ou privé, à temps partiel ou à temps plein.

Les organismes de recherches en France s'articulent autour des catégories d'établissement suivants :

- Etablissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST) ;
- Etablissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC) ;
- Etablissements publics à caractère administratif (EPA) ;
- Fondations ;
- Groupements d'intérêt public (GIP) ;
- Etablissements d'enseignement supérieur et de recherche ;
 - Universités
 - Instituts nationaux polytechniques
 - 4 Ecoles normales supérieures
 - 5 Ecoles françaises à l'étranger
 - 14 Grands Etablissements de statuts divers
- Etablissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel. (EPCSCP).

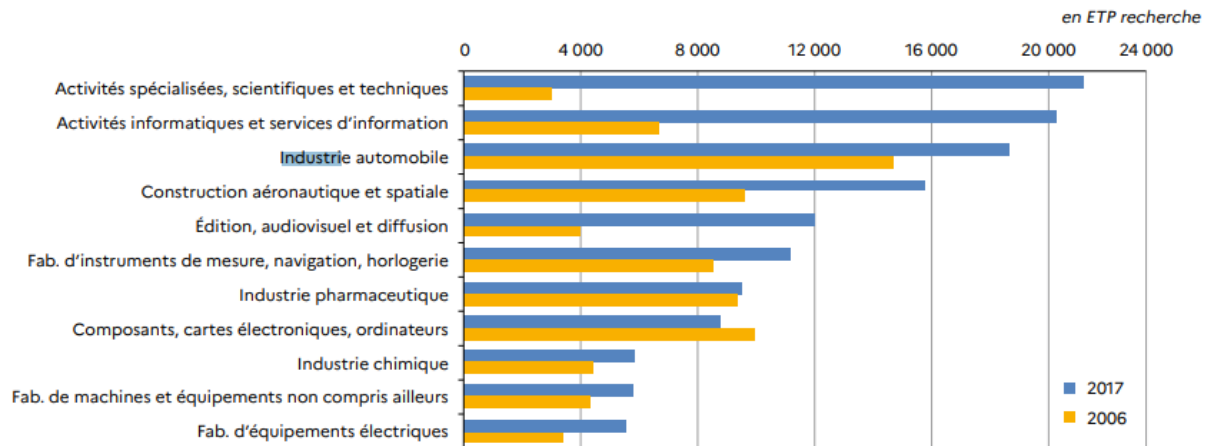
En 2018, d'après le rapport *L'état de l'emploi scientifique en France* réalisé par le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, en France, **il y avait l'équivalent de plus de 452 milles ETP**

(équivalent temps plein) d'emplois scientifique, dont 116 milles chercheurs équivalent temps plein.



Contrairement aux idées reçues, **l'emploi scientifique en France se concentre majoritairement dans le privé**. En 2018, les entreprises employaient 61% de l'emploi total affecté à la recherche et développement, et 62% des effectifs de chercheurs. **Le secteur industriel représentait 60 % des effectifs de chercheurs en entreprises en 2018, contre 80 % dix ans auparavant**, tandis que les branches de recherche des services ont vu leur part s'accroître, comme nous pouvons le voir ci-dessous.

02 Effectifs de chercheurs dans les 11 principales branches de recherche* des entreprises en 2006 et 2017



* Branches dont les dépenses intérieures de recherche (DIRD) sont supérieures à 1 milliard d'euros (Md€).

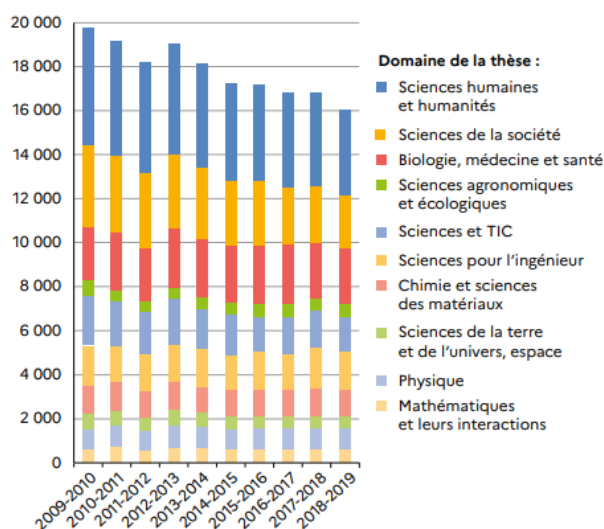
Source : MESRI-SIES (enquête R&D).

Par ailleurs, **les grandes entreprises concentrent l'emploi scientifique. Alors qu'elles représentent 7% des entreprises qui réalisent de la R&D, elles possèdent 50% des chercheurs en France (2017)**. Au sein de ces entreprises, le domaine de recherche est davantage ancré vers les sciences de l'ingénieur, les mathématiques, et la physique alors que dans le public, les domaines de recherche sont plus diversifiés. En entreprise, 80% des chercheurs sont spécialisés dans les mathématiques et dans les sciences de l'ingénieur, alors que le ratio est de 54% pour les EPIC et ISBL.

UN REcul D'INTÉRÊT POUR LES DOCTORATS

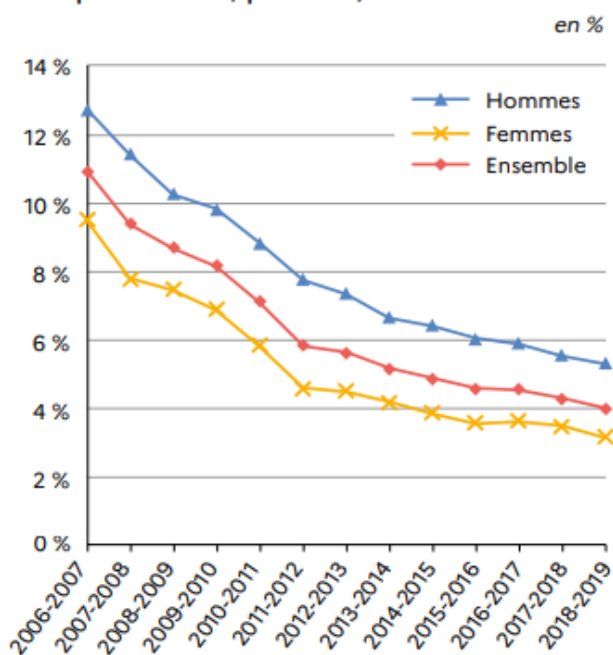
Le nombre d'étudiants en doctorat est en fort recul. En 2018, il y avait 16 000 étudiants inscrits en doctorant pour la rentrée, soit quasiment une chute de 20 % par rapport à 10 ans plus tôt. Cette baisse s'explique notamment par la baisse de taux de poursuite en doctorat des diplômés d'un master 2.

10 Nombre de premières inscriptions en doctorat de 2009-10 à 2018-19 selon le domaine scientifique



Source : MESRI-SIES (enquête sur les écoles doctorales).

11 Taux de poursuite en doctorat des diplômés d'un master 2 l'année précédente, par sexe, tous masters



Champ : hors Master MEEF : à la rentrée 2018, 27 147 étudiants sur 168 073.

Source : MESRI-SIES (SISE).

DES ÉTUDES ATTRACTIVES MAIS SANS RÉTENTION DES CERVEAUX

Les études supérieures scientifiques françaises, contrairement à certaines idées reçues, sont assez attractives à l'international : 42% des étudiants en

programmes doctorants étaient étrangers en 2014. Le problème se pose plus tard dans la carrière de ces chercheurs, qui formés et financés par la France pour leurs thèses, n'y restent pas pour s'établir et mener leurs travaux académiques.

05 Répartition des effectifs de chercheurs selon la nationalité des entreprises en 2017

Pays/région de l'entreprise	Effectifs	en ETP recherche
		(%)
Europe (hors France)*	21 441	54
États-Unis	8 783	22
Canada	401	1
Japon	1 662	4
Reste du monde	7 748	19
Total entreprises étrangères	40 036	100
Total entreprises	180 446	

Par convention de l'Insee, la nationalité de l'entreprise correspond au pays où est situé son centre de décision.

* Union européenne et autres pays.

Champ : entreprises exécutant de la R&D sur le territoire français.

Les données 2017 sont semi-définitives.

Sources : MESRI-SIES (enquête R&D) et Insee.

Au sein des établissements publics (EPSCP et organismes), 18 % des jeunes chercheurs permanents recrutés en 2018 sont de nationalité étrangère. Les ressortissants de l'union européenne constituent 62 % de ces chercheurs étrangers recrutés, alors qu'ils constituent seulement 19 % des doctorants étrangers mobiles accueillis. Ceci est permis par les politiques européennes.

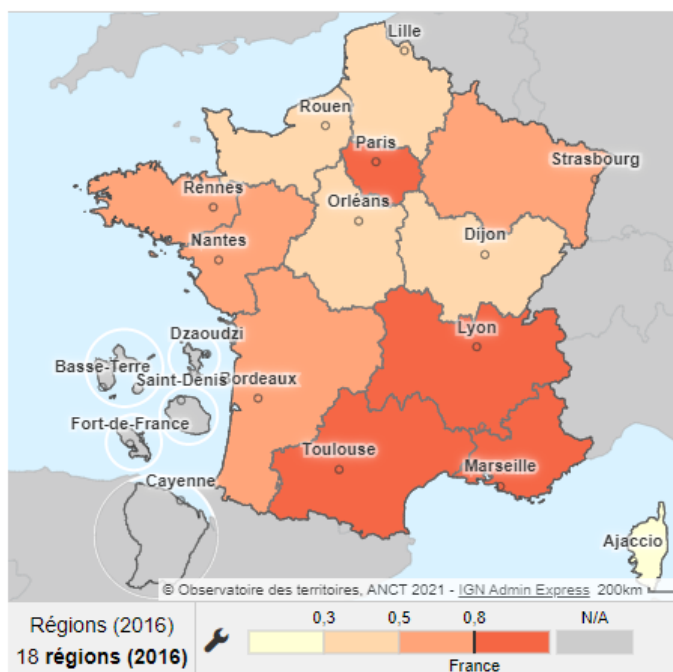
Parmi les grands pays de l'Europe occidentale, la France, juste derrière le Royaume-Uni, présente une des plus fortes proportions de « chercheurs universitaires » en emploi stable (fonctionnaire ou CDI) : ainsi, selon l'enquête européenne « MORE3 EU HE survey » et en excluant les doctorants, environ 9 chercheurs universitaires français sur 10 travaillent avec ce type de contrat, contre 8 en Italie et 6 en Allemagne. Selon cette même enquête, le taux de satisfaction des chercheurs universitaires français vis-à-vis des aspects académiques de leur carrière (90 %) ou des aspects personnels de leur situation (85 %) est similaire à la moyenne européenne. Même si les chercheurs français sont cinq points plus satisfaits des aspects professionnels que la moyenne européenne (83 % contre 78 %), ils sont en

revanche moins satisfaits de leur carrière (65 % contre 70 %) et surtout de leur rémunération (59 % contre 67 %).

DISPARITÉS PAR RÉGIONS

En 2017, quatre régions concentrent plus de 70 % de l'emploi scientifique de la France (secteur public, secteur privé, chercheurs et personnels de soutien confondus) : Ile-de-France (37,9 %), Auvergne-Rhône-Alpes (14,3 %), Occitanie (10,9 %) et Provence-Alpes-Côte d'Azur (7,2 %).

1 Part de la DIRDA rapportée PIB (%) 2016 ▼



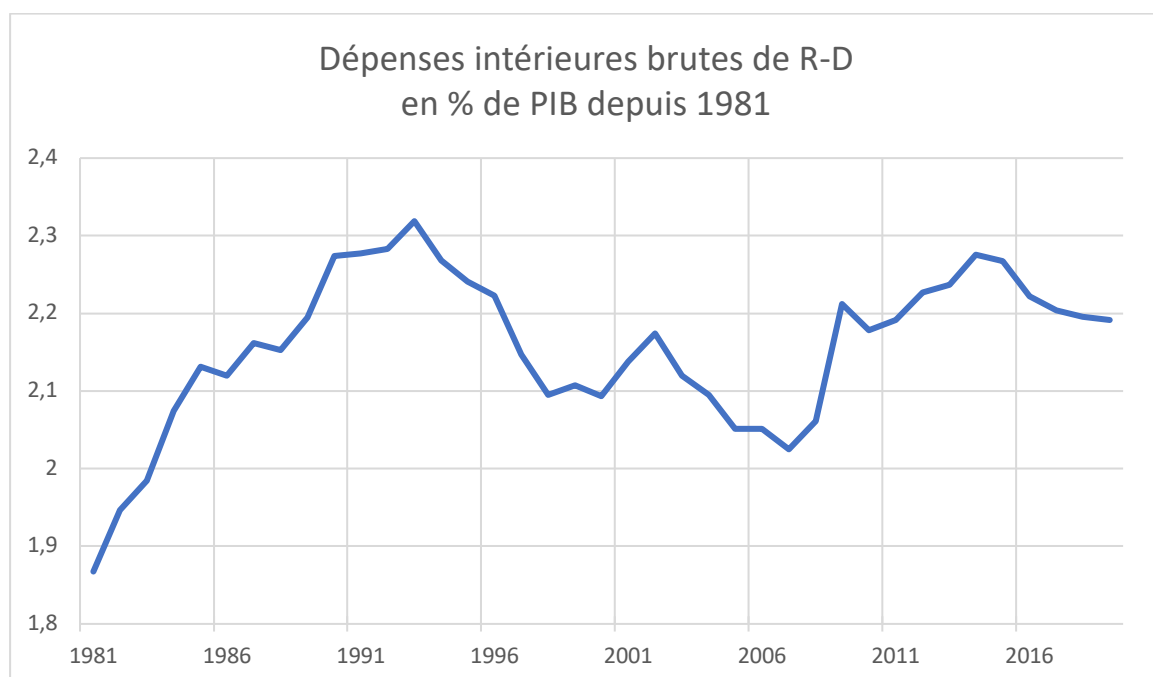
Un nombre élevé de chercheurs

Pourtant la France ne semble pas manquer d'atouts en matière de recherche et développement. En 2013, la France comptait ainsi 265 177 chercheurs, tous secteurs confondus. De plus, ce chiffre est en nette croissance, avec un excès de 70 000 chercheurs par rapport à 2003. L'effectif français de « matière grise » est le second plus important en Europe, juste derrière l'Allemagne où travaillent 360 900 chercheurs.

Une part déjà importante du PIB

Les dépenses intérieures brutes de R-D désignant la dépense totale (courante et en capital) afférente aux travaux de R-D exécutés par l'ensemble des entreprises, instituts de recherche, laboratoires universitaires et publics, etc., représentent 2.19% du PIB national en 2019. A nouveau, c'est le privé qui constitue la vaste majorité des dépenses, avec 1.4% du PIB, soit plus de 28 milliards d'euros. Tous secteurs confondus, la part du PIB français consacré à la recherche est en légère hausse depuis une décennie. Et ces investissements semblent sensiblement rentables puisque la France a décroché pas moins de huit prix Nobel sur cette même période.

Cependant, ce chiffre reste trop bas par rapport aux investissements réalisés par nos voisins, notamment la part publique des dépenses. De plus, il est important de noter que l'investissement français en matière de recherche est davantage conjoncturel que structurel. En se basant que les chiffres de l'OCDE, ce graphique montre une fluctuation du pourcentage du PIB alloué à la R&D, variant d'une année sur l'autre depuis 30 ans entre 2,1% et 2,3%.



Des partenariats public-privé en croissance

Les universités françaises travaillent aujourd'hui de plus en plus en partenariat avec le secteur privé, ces coopérations permettant la mobilisation de moyens importants. Nous pouvons notamment citer la collaboration entre le CNRS et le groupe Thalès, ayant abouti à la découverte de la magnétorésistance géante, une technologie qui a des applications directes dans l'amélioration des disques durs et des stockages informatiques, et ayant valu à Albert Fert le prix Nobel de physique. Le CNRS coopère aujourd'hui avec des entreprises aussi variées que Orange, Essilor ou Air Liquide. Le CNRS peut ainsi afficher plus de 130 recherches conjointes avec des entreprises. De plus, la branche CNRS innovation accompagne ses chercheurs dans l'aventure entrepreneuriale. Ce sont plus de 1400 start-ups qui ont vu le jour à partir de travaux du CNRS. Cependant, ces aspects à priori très prometteurs sont à nuancer par les données issues de nos voisins. Selon la Banque Mondiale, la France se classe en 35ème position, bien loin derrière la Suisse (1ère), le Royaume-Uni (6ème) ou l'Allemagne (7ème) en termes de partenariats universités-entreprises. La France s'enorgueillie donc de réussites bien pâles à côté de celles de ses voisins en tête de classe.

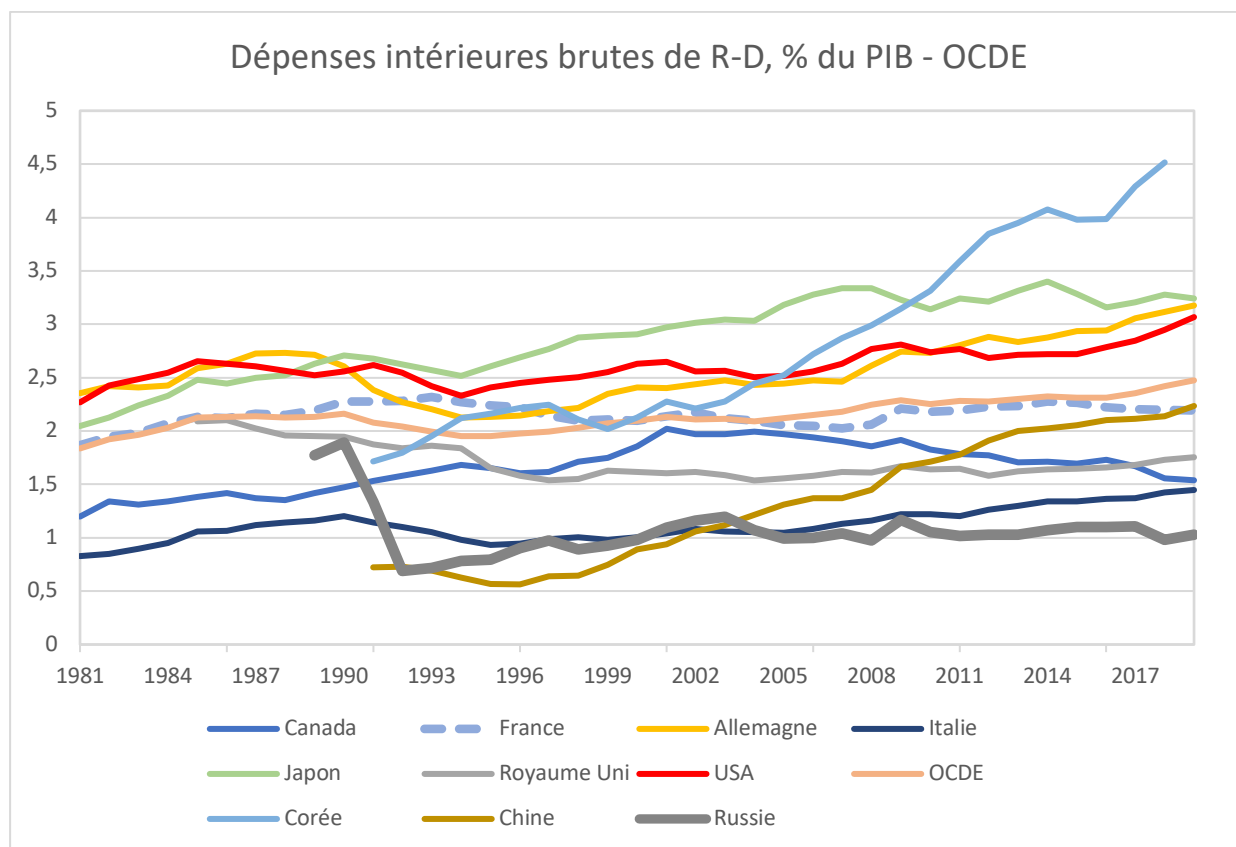
LES DÉFAILLANCES DE LA RECHERCHE FRANÇAISE FACE À LA CONCURRENCE INTERNATIONALE

Les récents déboires de l'industrie pharmaceutique française avec notamment l'incapacité de Sanofi à produire un vaccin pour lutter contre la covid-19 sont révélateurs d'une perte de rayonnement de la recherche française sur la scène internationale. Cependant, pendant ce temps, outre-Atlantique, le français Stéphane Bancel implanté au Massachusetts (Etats-Unis) a fait fortune avec l'émergence de sa société nommée Moderna, productrice d'un vaccin à ARN messager. Cet événement a renforcé l'idée selon laquelle la France possède une recherche poussée en matière de recherche académique mais ne sait pas réaliser la transition vers le monde économique / industriel.

QUELQUES INDICATEURS DE COMPARAISON VIS-À-VIS DE LA SCÈNE INTERNATIONALE

Des dépenses brutes de R-D à l'international peu flatteuses pour la France

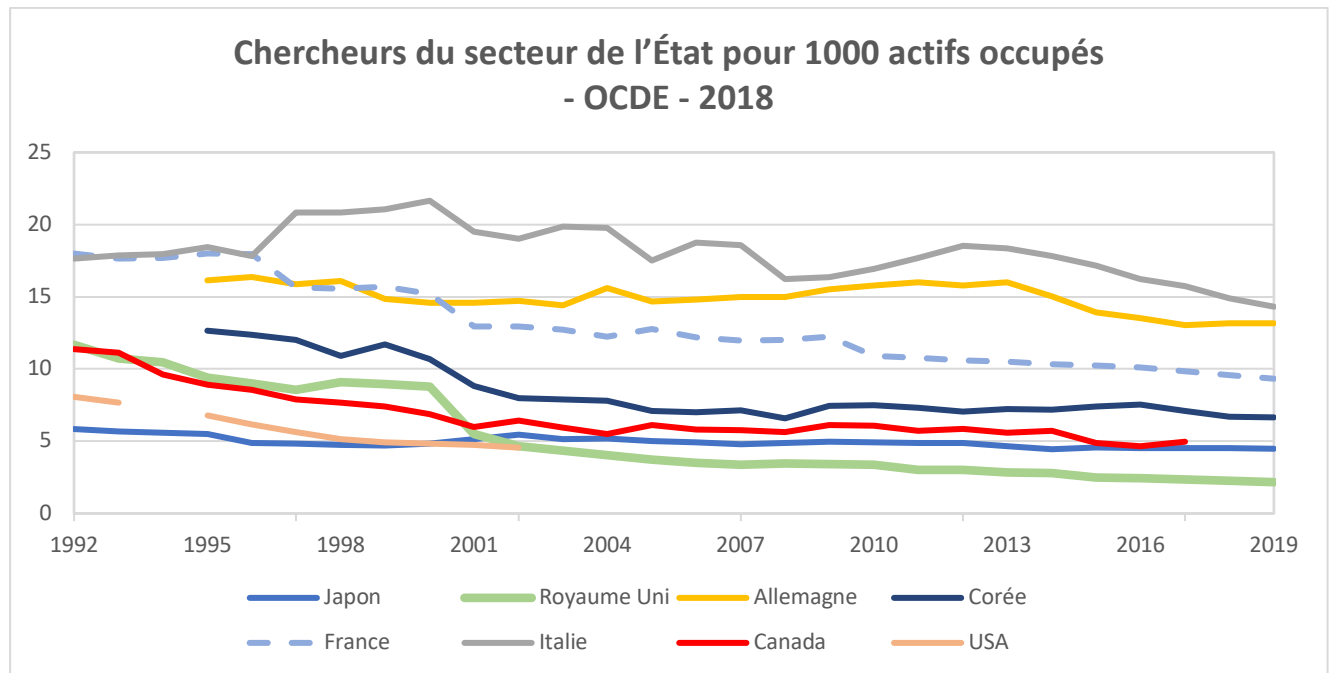
Les dépenses brutes de recherche et développement oscillent en France autour de 2,2% du PIB, tandis que la moyenne de l'OCDE se situe en 2019 à 2,47% du PIB. En Chine, depuis la moitié des années 90, les dépenses de R&D ne cessent d'augmenter fortement passant de 0,57% en 1995 à 2,23 % en 2019. L'Allemagne, la Corée, et les Etats-Unis ont tous décidé au début des années 2000 d'augmenter leur niveau de dépense. Le niveau de dépense est passé de 2,21 % en 2002 à 4,5% en 2018 en Corée, de 2,47% à 3,18% en Allemagne, et de 2,56% à 3,07% pour les Etats-Unis. Pendant la même période, en France, le taux est passé de 2,17% à 2,19%. Alors que l'Allemagne a augmenté sa force de frappe de 0,5% en 20 ans, la France l'a augmenté de 0,02%.



Le nombre de chercheur dans le secteur public

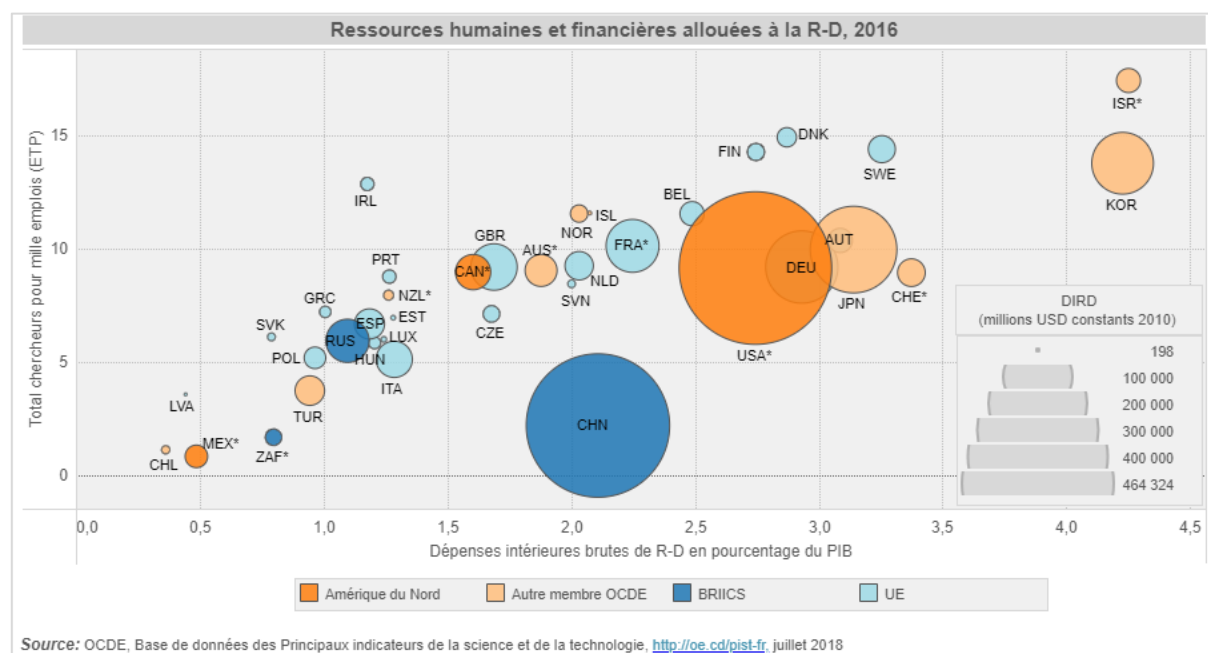
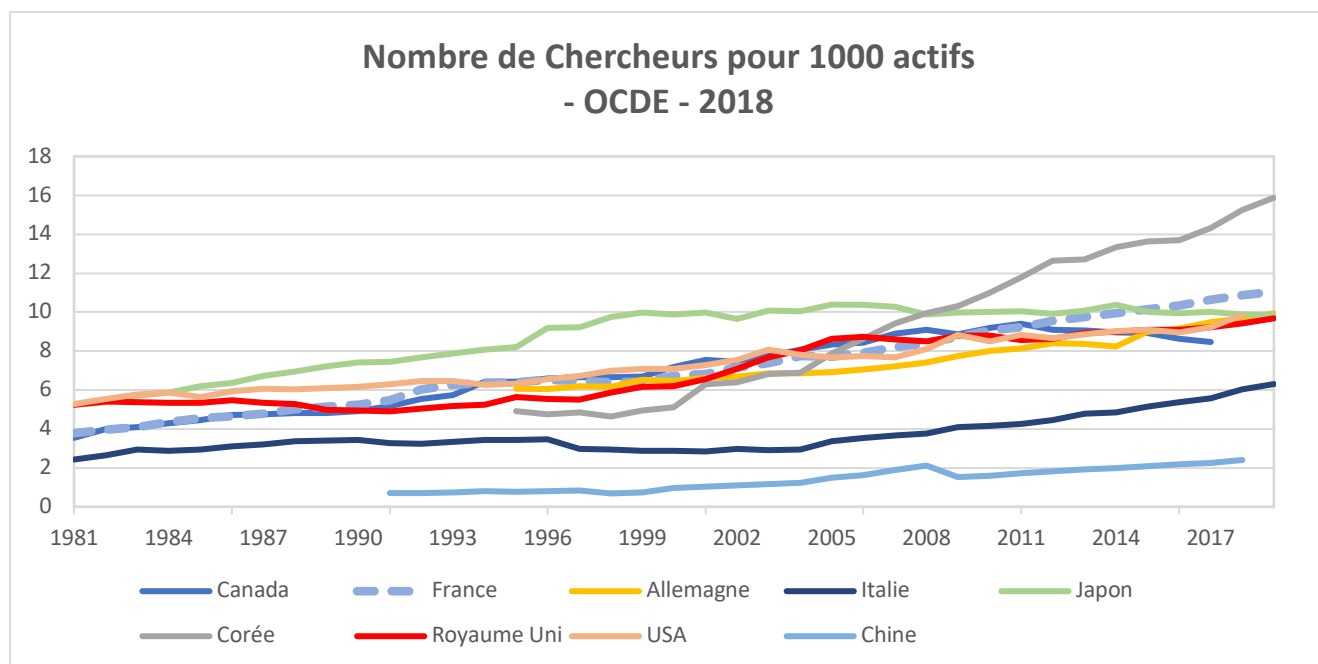
Pour rappel, en 2018, il y avait l'équivalent de 116 000 chercheurs en France. Ce chiffre peut paraître élevé, mais si nous regardons dans un premier temps, **le nombre de chercheur dans le secteur public vis-à-vis du nombre d'actifs, il s'avère que la France possède un ratio de chercheur public plus élevé que la Corée, le Japon, le Royaume-Uni, mais beaucoup moins élevé qu'en Allemagne ou en Italie.** Pour 1 000 actifs, en 2019, il y a en France, **9,3 chercheurs du secteur de l'Etat, et en Allemagne, ce ratio s'élève à 13,2.** Cet écart de 4 personnes pour mille actifs est assez révélateur de l'engagement de l'Allemagne en faveur de la recherche. **Ce ratio est en tendance baissière pour la quasi-totalité des pays depuis les années 2000. En France, ce ratio s'élevait à 15,2 en 2000, au même niveau que l'Allemagne (19 ans plus tard, 9,3 en France, et 13,2 en Allemagne).**

Le faible ratio en France est aussi à relativiser du fait du nombre élevé de fonctionnaires. Le nombre de chercheurs dans le secteur public se retrouve davantage diluée que dans d'autres pays.



Le nombre de chercheur, secteur public et privé confondu

Si nous regardons maintenant le nombre de chercheur en incluant le secteur privé, il s'avère que la France est le deuxième pays du G20 avec le plus de chercheurs ramenés au nombre d'actifs, avec 11,05 pour 1000 en 2019, derrière la Corée avec 15,88 pour 1 000. Contrairement, au nombre de chercheur dans le public, cette fois-ci les courbes sont toutes à la hausse depuis 30 ans, par exemple, ce chiffre a augmenté de 50% en Etats-Unis en quasi 25 ans, 6,3 en 95, et 9,85 en 2018. Cette tendance générale mondiale illustre la nécessité d'investir lourdement en recherche afin de maintenir un certain niveau de rayonnement économique notamment du fait des enjeux de robotisation et de désintermédiation.



Un rang des publications qui ne cesse de baisser

La France se positionne aujourd'hui entre le septième et le neuvième rang mondial en matière de publications scientifiques, loin derrière les États-Unis, la Chine, le Royaume-Uni, l'Allemagne, l'Inde et le Japon.

Nombre de publication	2018
China	528 263
United States	422 808
India	135 788
Germany	104 396
Japan	98 793
United Kingdom	97 681
Russian Federation	81 579
Italy	71 240
France	66 352
Korea	63 979
Brazil	60 148
Canada	59 968
Arab World	58 771
Spain	54 537

Source : National Science Foundation, Science and Engineering Indicators, 2018

Alors qu'en 2005, la part des publications françaises dans le monde était de 4,2%, elle est de 2,8% en 2018. En 1995, les Français représentaient 8,1% des demandes mondiales de brevets à l'office européen des brevets. En 2018, ce ratio tombe à 6,2%.

Les publications scientifiques en France

	2005	2018 [1]
Nombre de publications scientifiques auxquelles participe au moins un auteur affilié en France (en compte de présence)	59 181	85 395
Part des publications scientifiques de la France : sur le total mondial	4,2 %	2,8 %
(en % de compte fractionnaire) sur le total UE-28	12,8 %	10,5 %
Impact des publications de la France - Indice d'impact à 3 ans	0,98	1,01 [2]

[1] Dernière année complète à 95 %.

[2] Année 2016

Source : Base OST, Web of Science, calculs OST.

Pourcentage de publications scientifiques accessibles à tous

Année de publication	2018
	49 %

* publications de N mises à disposition librement et intégralement sur l'internet public, mesure en déc N + 1
Source : MESRI – SIES, Baromètre de la science ouverte, <http://bso.enseignementsup-recherche.gouv.fr>

Les brevets en France

	1995	2018
Part de la France - d'après l'origine des inventeurs - dans les demandes de brevets à l'Office européen des brevets (OEB)	8,1 %	6,2 %
sur le total mondial	17,6 %	15,4 %
Part de la France dans les brevets délivrés par l'USPTO :	2,8 %	2,1 %
sur le total mondial	17,3 %	14,2 %

Source : Base OST, PATSTAT – calculs OST

Ce recul de la recherche sur la scène internationale pose la question de l'efficacité de l'allocation des moyens vis-à-vis des résultats. Comment peut-on avoir tant de chercheur et si peu de publications ?

Si une **telle place n'est pas nécessairement déshonorante, force est de constater que la France perd inévitablement du terrain au niveau**

international et que **les efforts de l'État en matière d'investissement dans la recherche restent insuffisants, en particulier par rapport à de nombreux autres pays comme l'Allemagne**. De plus, ce chiffre est à mettre en perspective dans le temps long, la France ayant perdu des places dans ces classements au cours des dernières décennies.

Si la septième place nous semble acceptable, elle n'en est pas moins très éloignée du rang auquel la France se doit de prétendre, et risque de diminuer plus encore. Ce constat est d'autant plus alarmant tant le rôle joué par la recherche est crucial dans l'ensemble des secteurs d'activité. Si cela est évident dans les champs de la santé, comme nous l'aura rappelé la crise sanitaire, ou technologique, les enjeux sont tout aussi cruciaux en matière environnementale, d'information et de sa diffusion, de développement économique, de cohésion sociale, etc.

Depuis la Seconde Guerre mondiale, le progrès scientifique et technologique est de plus en plus important et rapide. La rapidité avec laquelle l'humanité a été capable de produire un vaccin un an après l'apparition de la Covid-19 en est une illustration. Le paysage scientifique et technologique a considérablement évolué, et il est probable que le rythme du changement s'intensifiera dans les prochaines années. Les technologies et leurs applications sont développées et adoptées plus rapidement que jamais avec l'accélération de la découverte avec l'intelligence artificielle. Ces progrès ne concernent pas uniquement les grandes entreprises technologiques mais bénéficieront à l'ensemble des secteurs de la société. Cela entraîne plusieurs conséquences notamment sur la course à l'avantage comparatif sur le plan technologique, les normes portant sur les données et la technologie, ainsi que de nouveaux défis portant sur la sécurité, la société et les droits individuels.

La course au progrès technologique et scientifique sera, au cours des prochaines décennies, une des clés de la compétition mondiale en conférant des avantages économiques, politiques et militaires aux nations et organisations bénéficiaires. Cette course est d'autant plus intensive que

différents acteurs se mêlent à cette compétition. Les superpuissances investissent pour conserver leur avantage, mais ils sont concurrencés par de nombreux pays ainsi que par de grandes entreprises qui sont capables d'être plus puissantes que les États en absorbant les innovations produites par les petites entreprises. Dans cette course, les champions nationaux sont soutenus par des États. Ces derniers adoptent de plus en plus une approche globale pour s'assurer d'une domination dans les domaines cruciaux. Il s'agit à la fois d'avoir la capacité de générer des données qui croissent de manière exponentielle tout en les utilisant pour stimuler l'innovation. L'objectif d'avoir un avantage concurrentiel dépend ainsi de la prééminence de l'accès à la technologie avec les ressources humaines et naturelles pour l'exploiter ainsi que d'avoir une capacité à protéger la propriété intellectuelle.

L'EXEMPLE DE NOS VOISINS ALLEMANDS ET BRITANNIQUES

L'Allemagne

Au cours d'une décennie de turbulences financières mondiales, le gouvernement Merkel a augmenté le budget annuel de la science d'une manière stable et prévisible. Cela a non seulement stimulé la concurrence entre les universités, mais a également permis d'améliorer la collaboration entre les universités et les institutions de recherche spécialisées du pays, financées par des fonds publics. **La part du PIB allemand consacré à la recherche est ainsi supérieure à 3.1%, représentant 104,8 milliards d'euro annuels.** Il est également important de noter que **68.8% de ce montant provient des entreprises, soit près de 15 points de plus qu'en France.**

L'Allemagne a conservé son leadership mondial dans des domaines tels que les énergies renouvelables ou la protection du climat, tout en gagnant en importance dans d'autres domaines grâce à la garantie d'un soutien fort à la recherche fondamentale. L'Allemagne bénéficie d'un très large attrait de chercheurs étrangers. La **recherche allemande financée par**

des fonds publics repose sur cinq piliers : les universités et quatre organismes de recherche spéciaux. Une telle structure est largement comparable à celle connue en France avec les universités et les centres de recherches publics. Enfin, **jusqu'en 2015, le gouvernement fédéral augmentait de 5 % par an le soutien financier accordé à tous les organismes de recherche. Aujourd'hui réduite, cette augmentation avoisine les 3% par an.**

Le Royaume-Uni

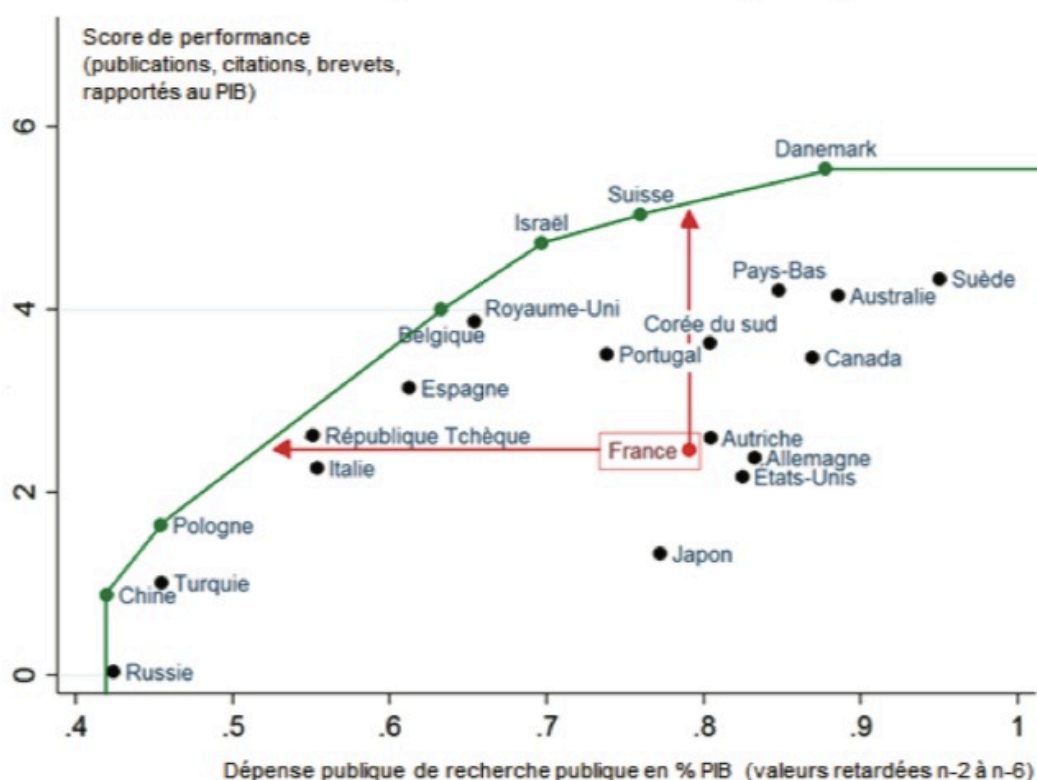
Le Royaume-Uni reste une force mondiale dans le secteur de la recherche et du développement. Les statistiques parlent pour elles-mêmes : **pour 0,9% de la population mondiale, le Royaume-Uni finance 3,2% de la R&D mondiale, publie 6,4% des articles à comités de lecture, et reçoit 11,6% des citations.** Le **gouvernement britannique a lancé plusieurs stratégies et mis en œuvre des réformes notoires dans des domaines émergents à fort potentiel, et dans des niches prometteuses où il possède déjà une expertise reconnue.** La direction prise par le gouvernement montre une stratégie « *pull* » plutôt que « *push* », où les retombées économiques de la recherche et la création de richesse priment sur le soutien à la connaissance, et visent à l'amélioration de la translation et commercialisation. Le *Department for Business, Innovation and Skills* (ministère des entreprises, de l'innovation et des compétences) finance la recherche dans les universités et quelques institutions publiques de recherche via le budget de la science, distribué par l'intermédiaire de sept *Research Councils* (conseils pour la recherche) et de quatre conseils pour le financement de l'enseignement supérieur, les *Higher Education Funding Councils* (HEFC, un par grande région du Royaume-Uni). Les sept conseils pour la recherche sont fédérés par le *Research Councils UK* (RCUK). Le budget de la science alloue également des enveloppes aux académies nationales (*Royal Society, British Academy, Royal Academy of Engineering*) et à l'*UK Space Agency*.

Finalement, **il est particulièrement intéressant de noter que la Grande-Bretagne ne consacre que 1.7% de son PIB à la recherche** selon les dernières données du parlement, soit 37.1 milliards de pounds en 2018. Ce

chiffre a diminué en termes de pourcentage depuis la fin du siècle dernier, mais **augmente à nouveau avec pour ambition d'atteindre les 2.8% dans les années à venir.**

L'efficacité de la recherche française

Au-delà de ses comparaisons avec nos voisins les plus proches, les dépenses intérieures en R&D par rapport au PIB est à mettre en lumière avec le taux d'efficacité de la recherche française. Ainsi, le graphique ci-dessous rapporte l'efficacité des dépenses de recherche. La France n'est pas positionnée sur la « frontière d'efficacité » de la dépense de recherche publique, que l'on peut estimer en reliant les niveaux de dépense aux indicateurs de performance d'un échantillon de pays.



Efficacité de la recherche : *La recherche publique française en comparaison internationale, Direction Générale du Trésor, 2018.*

La distance verticale entre chaque point et la frontière indique l'augmentation de performance qui pourrait être atteinte en théorie à

dépense égale ("output inefficiency"); la distance horizontale indique l'économie de dépense théoriquement réalisable à performance égale ("input inefficiency"). La France apparaît ainsi très éloignée de la frontière d'efficacité des investissements en matière de recherche. Ce constat reste néanmoins à relativiser par la pire performance de pays tels que l'Allemagne ou les États-Unis en la matière, malgré leurs solides productions industrielles.

Selon le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, les entreprises consacrent 28,3 milliards d'euros au financement de l'activité de recherche et développement, ce qui correspond à 56 % de la dépense intérieure de recherche et développement expérimental (DIRD) en 2017. Ce chiffre est nettement inférieur à celui observé au Japon (78,3 %), en Corée du Sud (76,2 %), en Allemagne (66,2 %) ou encore aux États-Unis (63,6 %). S'agissant de la dépense totale de R&D, son financement provient très majoritairement, à hauteur de 91 %, de flux de financement interentreprises et de l'autofinancement, les 9 % restants étant constitués de financements publics nationaux et des organisations internationales. En rapportant ces données au PIB, la part des dépenses de recherche en France s'élève à 2,29 % en 2018. Cette valeur est bien inférieure à la moyenne des pays de l'OCDE, mais également bien loin de l'objectif de 3 % fixé par le traité de Lisbonne. En outre, l'écart entre la France et les pays les plus ambitieux en termes de recherche, comme l'Allemagne, s'accroît à la faveur de ces derniers.

Il ressort globalement de ces chiffres que le niveau de financement, aussi bien public que privé de la recherche française est trop faible, expliquant en partie le fait que la France ait perdu du terrain sur la scène scientifique internationale, celle-ci étant caractérisée notamment par la montée en puissance de la Chine et, dans une moindre mesure, de l'Inde ces dernières années, très lourds investisseurs dans la R&D.

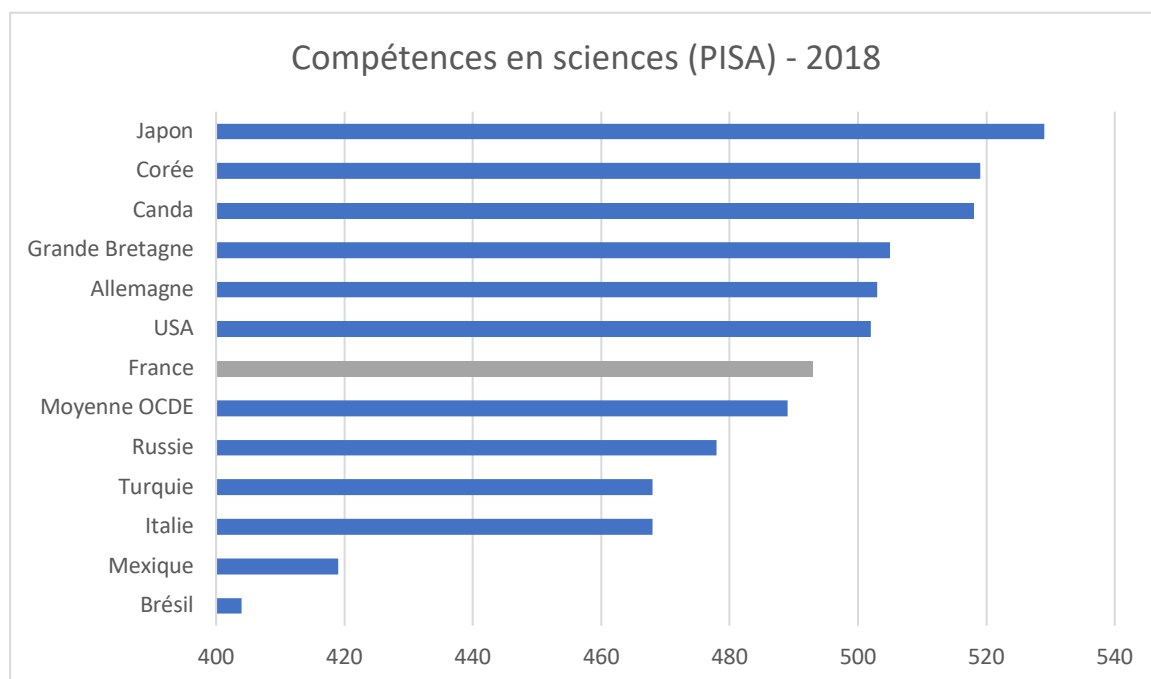
Les difficultés du système universitaire français et sa bureaucratisation

Le décret du 6 juin 1984 stipule que le temps de travail des enseignants-chercheurs est constitué « pour moitié, par les services d'enseignement » et « pour moitié, par une activité de recherche ». Cependant, force est de constater que la réalité est bien loin de cette ambition. En effet, **le temps que les enseignants-chercheurs peuvent aujourd'hui consacrer à la recherche se trouve très fortement amputé par de multiples tâches administratives**. Cette dynamique s'est de plus accentuée avec l'autonomie des universités qui s'est accompagnée, pour nombre d'entre elles, de difficultés financières majeures. Ainsi conformément à la loi d'autonomie des universités, nombre d'entre elles voient leur budget arrêté par le recteur du fait de deux exercices financiers en déficit consécutifs. Afin d'éviter de se retrouver dans de telles situations, les universités se voient souvent contraintes de sacrifier certaines missions en pratiquant des gels de recrutements et en diminuant les budgets alloués à la recherche. Les effets de domino sont immédiats : en gelant des postes, la charge de travail incombant aux enseignants-chercheurs en fonction s'accroît continuellement, obérant d'autant le temps dédié à l'activité de recherche.

Le manque d'attractivité des carrières de recherche

Par corrélation, l'activité de recherche en France pâtit de carrières peu attractives sur le plan des rémunérations et des perspectives d'évolution, mais aussi de conditions de travail de plus en plus dégradées dans le secteur public. Les tâches administratives, lourdes et nombreuses, qui occupent désormais une partie considérable du temps des enseignants-chercheurs sont une réalité qui constitue l'une des causes des difficultés de la recherche universitaire française. De plus la structure même de l'évolution des carrières des chercheurs, par leurs statuts fonctionnarisés, est un frein à l'attractivité des carrières. Alors que l'ensemble de la communauté scientifique internationale voit sa rémunération indexée sur les publications et le nombre de citations issues de ces dernières, les chercheurs français voient leur progression attribuée uniquement à leur ancienneté. Un tel procédé ne peut que décourager les plus motivés et ambitieux. Il faut

ajouter à ce cadre une dégradation générale des rémunérations. Ainsi le salaire annuel brut d'entrée moyen des chercheurs en France représentait 63 % de celui prévalant dans les pays de l'OCDE en 2013. Ces divers éléments sont à même d'expliquer en grande partie la fuite des cerveaux français, mais aussi la faible attractivité des carrières scientifiques en France, tant pour les natifs que pour les chercheurs étrangers.



Ce recul d'attractivité des métiers de chercheur s'inscrit dans un climat, où la France recule année après au sein de l'évaluation du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) notamment dans les compétences en Sciences. Une mise à niveau de la recherche française passera également par une meilleure formation aux sciences.

Un déficit budgétaire

Sur le plan budgétaire, la situation est caractérisée par une diminution depuis une trentaine d'années des financements récurrents, dits « crédits de base » accordés aux laboratoires. Ces derniers doivent à présent et plus encore qu'auparavant acquérir des financements via des appels à projets pour obtenir les crédits nécessaires à leur bon fonctionnement. Une telle politique pourrait être à même d'impulser de nouvelles dynamiques et des

collaborations entre chercheurs aux niveaux national et international. Cependant, il est important de noter que les taux de succès lors d'appels à projets, notamment ceux financés par l'Agence nationale de la recherche, sont extrêmement faibles (16 % en 2018), largement inférieurs à ceux prévalant au niveau international. Par ailleurs, répondre aux appels à projets nécessite du temps afin de monter un programme de recherche ambitieux et cohérent en prenant tout le recul nécessaire. De plus, le temps nécessaire à ces démarches s'accompagne de coûts indirects, et ce d'autant plus en cas d'échec. En effet, la préparation du projet de demande de fonds demande un temps considérable, réduisant celui qui peut-être dédié à d'autres missions. De plus, la préparation de tels dossiers s'accompagne également de coûts d'évaluation, de sélection et de suivi administratif et financier des dossiers soumis.

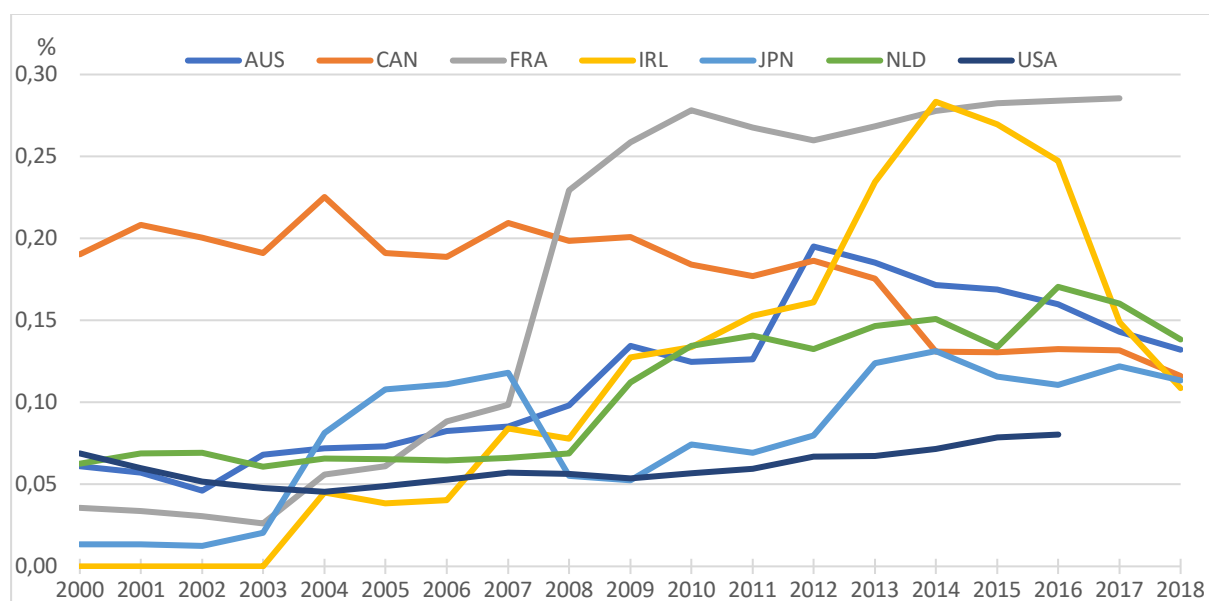
La problématique épineuse du Crédit d'Impôt Recherche

La France s'illustre par une politique fiscale généreuse de crédits d'impôts afin de favoriser l'innovation et la recherche, élément clé pour exister dans une économie de plus en plus numérisée et robotisée. Il permet à une entreprise de déduire de son imposition jusqu'à 30 % des dépenses de recherche inférieures ou égales à 100 millions d'euros, et à 5 % au-delà.

Mais la France n'est pas seule dans ce domaine. L'Allemagne a procédé à différentes mesures qui ont eu principalement vocation à réduire les bases fiscales : en 2017, amortissement des actifs mobiliers au sein de l'IS, et en 2020, introduction d'un crédit d'impôt recherche permettant de réduire de 25% les dépenses de recherche-développement. Le Royaume-Uni s'inscrit dans le même sillon, avec en 2018, le relèvement du plafond de déduction des taxes sur des dépenses liées à l'investissement. Nos voisins italiens s'illustrent aussi par de nombreux dispositifs : en 2017 amplification du crédit d'impôt pour la recherche développement en augmentant le taux de 25 % à 50 % des dépenses, introduction d'une déduction sur les dépenses d'investissement en actifs incorporels et une incitation au renforcement des fonds propres, création d'un crédit d'impôt pour la formation du personnel

à l'industrie de pointe (Industry 4.0 plan) en modulant les taux selon la taille des entreprises.

Les recours aux incitations fiscales en faveur de la R&D se sont généralisés : en 2018, 30 des 36 pays membres de l'OCDE offraient des allègements d'impôt au titre des dépenses de R-D, contre 19 en 2000.

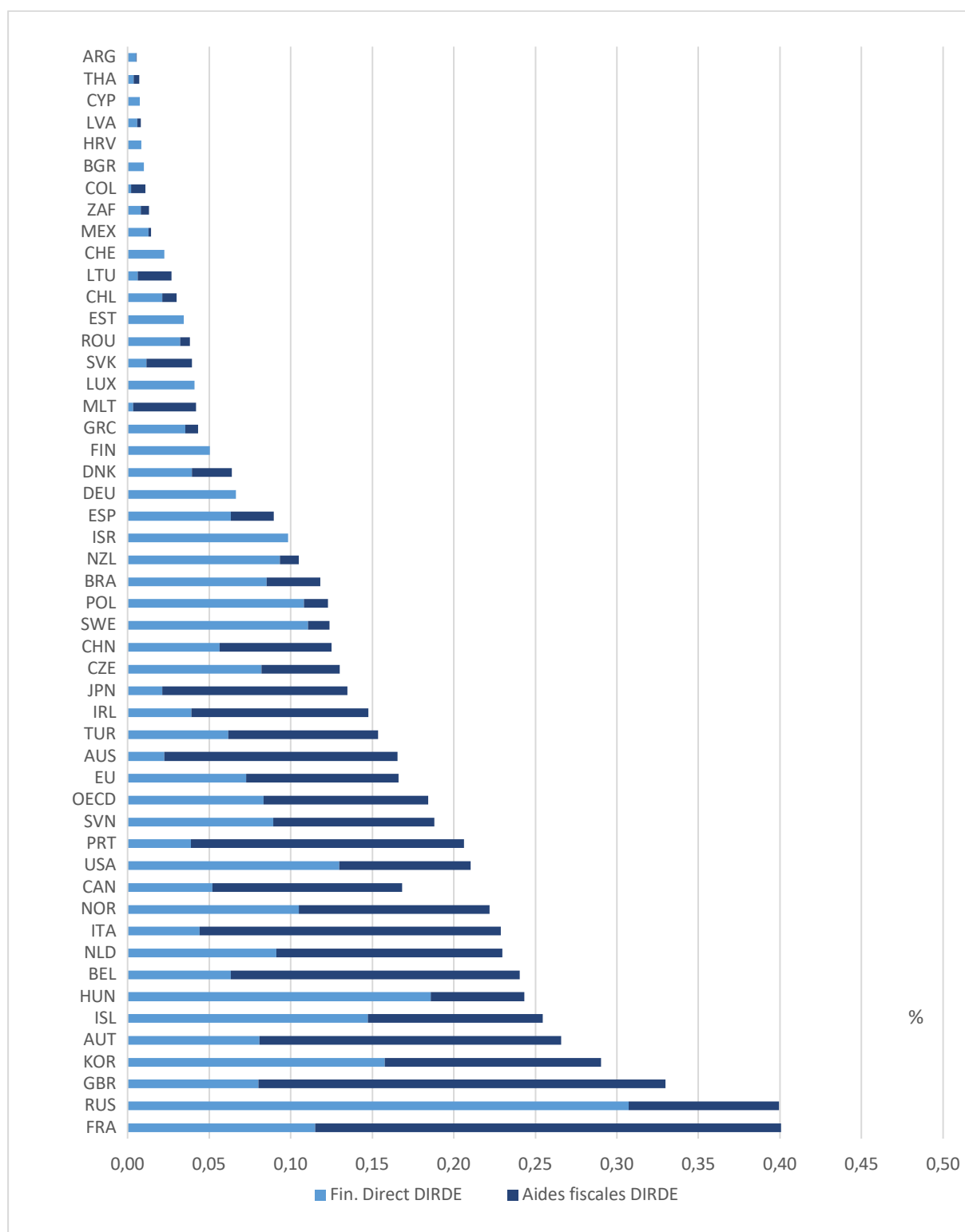


Allègement fiscal au titre des dépenses de R-D dans une sélection de pays

Le dispositif en France a été démultiplié en 2008 suite à la réforme du crédit d'impôt recherche, avec pour conséquences une multiplication par près de 2,6 du nombre des entreprises déclarantes (9 890 en 2007, 25 600 en 2015), par un quasi triplement de celui des bénéficiaires (7 000 en 2007, 20 200 en 2015).

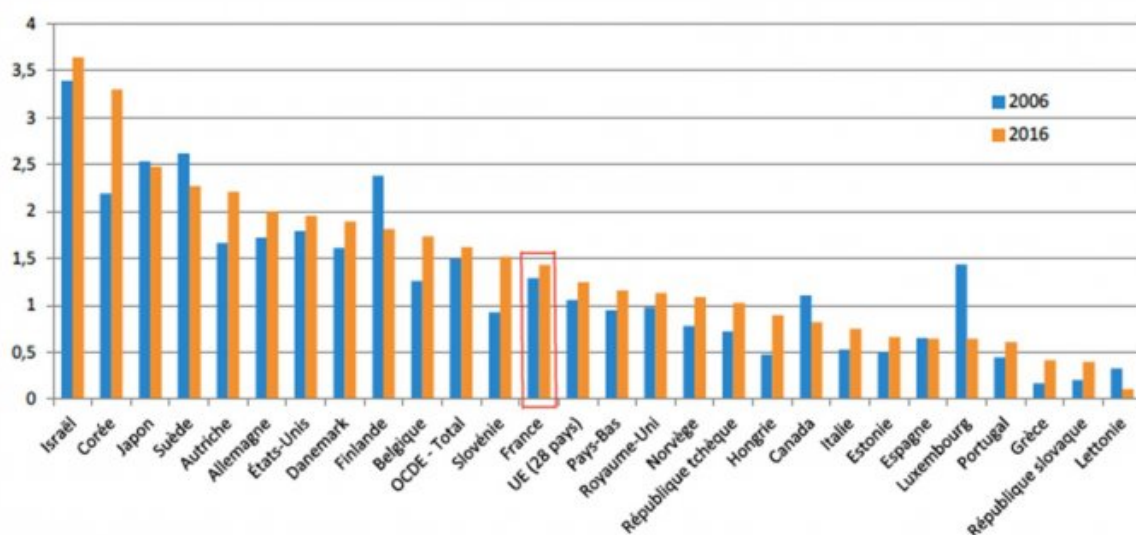
Par conséquent, les aides gouvernementales directes et incitations fiscales à la recherche et développement des entreprises forment en France le dispositif le plus généreux de l'OCDE avec plus de 9 milliards d'euros d'incitations fiscales en 2018, plus du double de la moyenne des pays membres de l'OCDE : 0,40 % du PIB en France contre 0,18% en moyenne au

sein de l'OCDE. A titre comparatif, le ratio est de 0,07% en Allemagne. Le dispositif est quasiment 6 fois plus généreux en France qu'en Allemagne.



Aides gouvernementales directes et incitations fiscales à la R&D des entreprises en 2018 (ou année la plus proche), % PIB, OCDE

Si l'on considère la dépense intérieure de R&D des entreprises rapportées au PIB, la France occupe une moins bonne place dans le classement. Elle se situe dans la moyenne, au-dessous de la moyenne de l'OCDE, mais au-dessus de la moyenne de l'Europe des 28, comme nous le montre le graphique.



**Dépense intérieure de R&D des entreprises
rapportée au PIB (en pourcentage)**

Le CIR a bien permis d'accroître les capacités des entreprises en matière de R&D en France mais à un coût en termes de dépenses fiscales multiplié par trois depuis la réforme de 2008. **L'allègement fiscal au titre des dépenses de la recherche et développement est passé en France de 0,10% du PIB en 2007 à 0,29% du PIB en 2017.** Dans le même temps, l'effort de recherche des entreprises en % de PIB est passé de 1,27% en 2007 à 1,44% en 2017, soit un effort plus faible que l'allègement fiscal.

Certes, l'appui du CIR est crucial. **Selon l'OCDE, le CIR financerait près de 20 % de l'effort de R&D des entreprises françaises.** Mais, la recherche et développement est plus importante dans certains pays (Israël, Corée, Suède, Autriche, Allemagne, etc.) alors que les dépenses publiques y sont moindres. En Allemagne, les aides gouvernementales directes et incitations fiscales à la R&D des entreprises représentent 0,066% du PIB

et pourtant les entreprises investissent 2% du PIB en R&D soit, +0,5% d'écart de PIB avec la France.

FAIRE DE LA FRANCE UNE NATION DE SAVANTS

Comme nous l'avons rappelé, depuis la Seconde Guerre mondiale, le progrès scientifique et technologique est de plus en plus important et rapide. Ainsi, le paysage scientifique et technologique est en constante évolution et il est probable que le rythme du changement s'intensifiera dans les prochaines années et décennies. **Ces progrès bénéficieront à l'ensemble des secteurs de la société et entraîneront une course à l'avantage comparatif sur le plan technologique.**

Différents acteurs vont se mêler à la course au progrès technologique et scientifique. Celle-ci sera une des clés de la compétition mondiale **en conférant des avantages économiques, politiques et militaires aux nations et organisations bénéficiaires.** Les superpuissances comme la Chine et les États-Unis vont investir pour conserver leur avantage, et seront concurrencés par de nombreux pays ainsi que par des grandes entreprises, capables d'être plus puissantes que des États.

Dans cette course, les champions nationaux sont soutenus par des États. Ces derniers adoptent de plus en plus une approche globale pour s'assurer d'une domination dans les domaines cruciaux. Il s'agit à la fois d'avoir la capacité de générer des données qui croissent de manière exponentielle tout en les utilisant pour stimuler l'innovation. L'objectif d'avoir un avantage concurrentiel dépend ainsi de la prééminence de l'accès à la technologie avec les ressources humaines et naturelles pour l'exploiter ainsi que d'avoir une capacité à protéger la propriété intellectuelle.

La France est une civilisation technologique comme le continent européen. Berceau de la méthode scientifique et des progrès techniques ayant donné naissance aux différentes révolutions industrielles, l'Europe reste une zone à haut développement technologique. De plus, de nombreux États membres ont des compétences scientifiques et technologiques historiques de pointe, comme l'Allemagne en chimie, ou la France en mathématiques. La France forme également d'excellents ingénieurs, qui coûtent bien moins chers sur

le marché du travail que dans le monde anglo-saxon (décalage à l'origine d'une fuite des cerveaux vers les pays anglo-saxons plus rémunérateurs). C'est un des atouts structurels sur lequel l'Europe pourrait capitaliser afin de repartir à la conquête des prochaines frontières technologiques et notamment spatiales. L'innovation est également l'indice du degré de raffinement d'une civilisation. Les grandes civilisations, de la Grèce d'Archimède à l'Europe des Lumières, en passant par la Chine impériale et l'Italie de la Renaissance, ont toujours été des civilisations de savants.

Rester à la pointe des avancées scientifiques et technologiques est impératif non seulement pour des questions de compétitivité et d'emploi au bénéfice des Français, mais aussi pour des questions stratégiques de souveraineté : nous ne devons pas être tributaires d'entreprises américaines ou chinoises pour nos infrastructures technologiques stratégiques. La question s'est d'ailleurs posée de manière pressante avec le déploiement de la 5G qui a révélé l'implantation des équipementiers chinois dans les infrastructures de télécommunication européennes et le risque que cette dépendance fait courir à moyen terme aux États membres dans un contexte d'exacerbation des tensions entre la Chine et les États-Unis.

En faisant émerger une véritable vision européenne du progrès scientifique et technologique, adossée à des moyens humains et financiers et à un environnement institutionnel favorable, l'Europe pourra à nouveau se projeter vers l'avenir, et pourra à la fois retenir ses meilleurs cerveaux et en attirer de l'étranger en leur offrant les moyens de transformer les révolutions technologiques qu'ils imaginent en des réalités.

Il s'agit ainsi de faire de la France, une nation de savants pour gagner la course du progrès qui est une des clés de la compétition mondiale. Remporter ce match nous confèrera des avantages économiques, politiques et militaires. Les superpuissances investissent pour conserver cet avantage en adoptant une approche globale pour s'assurer d'une domination dans les domaines cruciaux. L'objectif d'avoir un avantage concurrentiel dépend ainsi de la prééminence de l'accès à la technologie avec les ressources

humaines et naturelles pour l'exploiter ainsi que d'avoir une capacité à protéger la propriété intellectuelle. Cette course au progrès doit nous permettre de répondre aux défis, d'assurer la prospérité du continent et de faire émerger un modèle singulier pour restaurer notre fierté d'être français.

Cela passe par 4 grands axes : une nouvelle vision pour faire de la France, une nation de savants (A), gagner la bataille de l'innovation (B), gagner la guerre des cerveaux (C) et rêver avec des grands projets (D).

UNE NOUVELLE VISION STRATÉGIQUE POUR UNE NATION DE SAVANTS

Afin de faire de la France, une nation de savants, il est nécessaire de l'ériger en objectif national. Cette nouvelle vision doit ensuite se décliner en plusieurs axes pour mettre en place des politiques publiques au service de cet objectif. Nous identifions ainsi : un objectif de dépense en recherche et développement par rapport au PIB ainsi qu'un commissariat au plan capable à la fois d'identifier les priorités nationales du futur et également soutenir le développement des technologies de rupture.

Axe 1 : Investir sur la recherche et le développement

1. Favoriser l'investissement en R&D pour atteindre 3% à l'horizon 2030 et 4% du PIB à l'horizon 2040

Afin de palier à son manque d'attractivité dans un contexte de compétition internationale accrue, la France doit doter sa recherche scientifique d'investissements conséquents. Pour cela le rapport entre les dépenses intérieures en R&D (DIRD) et le produit intérieur brut reste le meilleur indicateur. Comme nous l'avons indiqué précédemment, en France ce ratio est actuellement de 2.29%, chiffre inférieur aux 3% fixées par le traité de Lisbonne et bien loin derrière le 3.04% de notre voisin Allemand. Ainsi, la France doit se donner les moyens d'atteindre l'objectif de 3% pour lequel elle avait signé au début du siècle. Cette nécessité devient de plus en plus

cruciale face à l'émergence de nouvelles puissances scientifiques, en Asie notamment. À ce titre, notre niveau d'investissement est beaucoup plus faible qu'en Corée du Sud (4,22% en 2015), qu'au Japon (3,28% en 2015) et qu'aux États- Unis (2,76% en 2015).

Afin de faire de la France, une superpuissance technologique et scientifique, deux objectifs sont fixés : 3% en 2030 et 4% en 2040.

2. Stimuler l'investissement en R&D

Les dépenses en R&D doivent être stimulés ce qui nécessite des mécanismes incitatifs. À ce titre, la France doit plaider pour une évolution des règles européennes notamment en révisant les règles du Pacte de Stabilité pour encourager l'investissement, particulièrement en R&D.

Cela suppose ainsi d'exclure les dépenses de R&D du calcul des règles de 3% Si ce mécanisme susciterait un blocage des pays frugaux, alors un dispositif différent pourrait être mis en place. À ce titre, nous proposons d'exclure les dépenses de R&D supplémentaires par rapport à la date de mise en place du mécanisme. Ainsi, les dépenses supplémentaires directes ou à travers les niches fiscales (crédit impôt recherche en France) seraient exclus du calcul des règles portant sur le déficit public.

3. Mettre en place un effet de levier européen des investissements en R&D

Il s'agit de ressusciter le plan Juncker afin de le focaliser sur la recherche et le développement. Pour rappel, le plan Juncker avait mobilisé plus de 315 milliards d'euros d'investissement entre 2015 et 2018 à partir d'une mise initiale de 21 milliards d'euros de crédits publics. Ce montant complémentaire avait été financé par un effet levier d'endettement ainsi que par des contributions publiques et privées.

Ce plan « Europe superpuissance technologique et scientifique » vise un investissement annuel de 160 milliards d'euros par an afin de faire progresser les dépenses en R&D de l'Union européenne d'un point. Ce montant est atteint par un effet de levier à travers la Banque européenne d'investissement. Il nécessite une contribution européenne de 35 milliards d'euros, qui est finançable par plusieurs manières : une taxe sur les GAFA, un droit de douane sur les produits technologiques importés, ou une TVA supplémentaire sur ces produits.

4. Adopter un grand plan d'investissement pour l'innovation

Le plan de relance adopté dans le cadre européen contient un volet pour l'enseignement supérieur, la recherche et l'innovation (ESRI). Seulement, il est sous-dimensionné sur les volets recherche et investissement parce que sur les 100 milliards d'euros, seulement 7,8 milliards sont au titre de l'ESRI.

Nous avons identifié que les États se sont lancés dans une course technologique, et la France possède du retard par rapport aux leaders mondiaux. Un grand plan d'investissement doit nous permettre de rattraper notre retard par rapport aux autres pays et également de viser un leadership nécessaire à l'établissement d'une nation de savants.

Axe 2 : Identifier les priorités nationales et les technologies de rupture

5. Choisir à partir du Commissariat au plan les 10 secteurs d'avenir

Dans le cadre des activités du commissariat au plan, ce dernier pourrait réunir des acteurs du monde de la recherche, du public et du privé afin d'identifier les 10 secteurs d'avenir sur lesquels la France concentrerait ses efforts.

Cela permettrait de répondre à plusieurs enjeux. Tout d'abord, il est nécessaire de créer un plan à long terme sans qu'il soit remis en cause par les changements de majorité politique. Ainsi, cette proposition vise à créer un consensus autour des thématiques qui feront l'objet d'un investissement approfondi sur le long terme. Ensuite, la confrontation des avis notamment

des experts permet d'identifier les thématiques d'avenir. Enfin, la création de consensus permet ensuite de faire ruisseler ces objectifs à tous les niveaux de l'État et des administrations.

6. Sur le modèle de la DARPA américaine, le Commissariat au Plan doit disposer d'un budget pour pouvoir faire des investissements dans les technologies révolutionnaires à partir des 10 secteurs d'avenir

La Darpa est une agence du département de la défense américaine, avec une mission inchangée depuis sa création en 1958 : financer des projets technologiques à fort niveau d'incertitude qui peuvent aboutir à des innovations de rupture.

Notre objectif serait d'obtenir des technologies de ruptures capable de changer la donne sur un secteur spécifique, ce qui suppose un risque permettant d'asseoir notre supériorité technologique.

GAGNER LA BATAILLE DE L'INNOVATION

Axe 3 : mieux utiliser et répartir les moyens déjà disponibles

7. Mieux contrôler l'allocation de notre DIRD et de notre CIR

La France est en retard face aux autres pays membres de l'OCDE quant à la part de la R&D financée par les entreprises privées. Elle s'élève à 56% en France contre 78,3 % au Japon, 76,2 % en Corée du Sud, 68,2 % en Allemagne ou encore 63,6 % aux États-Unis. La France doit donc faciliter les financements privés, ainsi que les partenariats entre le public et les entreprises. Une telle démarche peut passer par des avantages fiscaux à l'investissement en R&D, ou d'une façon plus indirecte, en faisant de l'Etat l'un des premiers clients des nouvelles technologies. Au Royaume-Uni par exemple, le gouvernement a été l'un des premiers à mettre en place des outils d'intelligence artificielle développée sur son sol pour la gestion des ressources humaines. De plus, l'Etat peut faciliter à moindre coût les

partenariats et les investissements du privé en donnant accès aux entreprises à des outils de pointe trop coûteux pour que ces dernières développent leur propre modèle. Ce pourrait être le cas des calculateurs, et dans un futur proche, des ordinateurs quantiques. En ce sens, le CEA est déjà un exemple à suivre et à poursuivre, ouvrant certains de ses laboratoires pour des collaborations avec des industriels.

8. Associer à l'allocation de moyen l'obligation de résultats

Une politique d'évaluation de la recherche existe déjà. Cependant, cette évaluation est complètement dépourvue de conséquences actuellement. Pourtant, dans de nombreux pays étrangers, il existe une forte corrélation entre évaluation et affectation des moyens. En Italie, il s'agit de l'Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e Della Ricerca (ANVUR) qui répartit les fonds publics de l'enseignement supérieur et de la recherche selon les principes du mérite et de l'excellence. En Grande-Bretagne, le Research England finance et évalue les projets notamment selon des objectifs comme l'internationalisation de la recherche. Dans ce cadre, il contrôle l'adéquation des projets financés avec les priorités nationales et les défis globaux et s'assure du bon usage des financements publics. En France, un premier pas a été franchi depuis décembre 2020, avec la Loi de Programmation de Recherche qui impose à l'État « de tenir compte des résultats de l'évaluation pour déterminer les engagements financiers qu'il prend, le cas échéant, envers l'établissement dans le cadre du contrat pluriannuel ». Cependant, les modes d'application de cette directive restent encore très flous. Il y a aucune indication sur les conséquences concrètes que tire l'État de chaque évaluation. D'une part, il est primordial que les établissements et les laboratoires doivent être évalués en fonction de leurs objectifs et des résultats obtenus. D'autre part, la quote-part d'allocation des moyens financiers à chaque établissement doit être indexée sur l'évaluation des résultats obtenus. Le principe d'autonomie devrait en ce sens interdire le fléchage et laisser chaque établissement libre de son affectation. C'est par ces décisions que l'Etat serait en mesure de mettre en place sa propre stratégie pour l'enseignement supérieur et la recherche.

9. Révision du CIR

Nous l'avons vu plus tôt dans ce rapport, le CIR est une composante hyper structurante du financement de la recherche en entreprise. Selon l'OCDE, le CIR financerait près de 20 % de l'effort de R&D des entreprises françaises. Néanmoins, la recherche et développement est plus importante dans certains pays (Israël, Corée, Suède, Autriche, Allemagne, etc.) alors que les dépenses publiques y sont moindres.

Dans la continuité de notre proposition d'une allocation de moyens corrélée à des objectifs et à des résultats, il convient de créer une commission d'enquête sur les usages du CIR dans les grands groupes. Par ailleurs, il serait pertinent de réorienter 10% supplémentaires du crédit d'impôt recherche en direction des PME et en direction des starts-up, et le plafonner à 20% pour l'ensemble des grands groupes afin d'éviter la concentration de moyens dans ces groupes. Pour ces grands groupes, il est important de conditionner le maintien du CIR à l'embauche de doctorants et de jeunes talents. Pour aider nos PME dans l'utilisation de ce CIR, un corps d'inspecteurs rattaché au CNRS pourrait voir le jour. Il serait composé de chercheurs dans toutes les disciplines, qui prodiguerait des conseils et des préconisations aux entreprises sur l'utilisation du CIR.

10. Faire des régions, des acteurs de l'innovation

Il s'agit notamment de transférer davantage de compétence aux régions notamment sur la formation professionnelle pour qu'elles organisent la synergie entre l'université, la recherche et les entreprises.

11. Simplifier pour rendre les programmes européens plus attractifs

Il s'agit de faciliter les procédures pour rendre les programmes de recherche plus attractifs, notamment en termes de lourdeur administrative. L'objectif est de limiter l'administration du projet au minimum sur le financement, le suivi des recherches et l'audit.

De même, il est nécessaire de faciliter les procédures sur les appels d'offres. Ces derniers doivent être publics et ouverts à tous les chercheurs.

Axe 4 : gagner la bataille des normes

12. Mieux nous protéger et démocratiser l'accès au brevet

Revaloriser les brevets au sein de la recherche, en formant les futurs ingénieurs et chercheurs à la question des brevets (brevetabilité d'un sujet, savoir rédiger un brevet, connaître les étapes pour le déposer).

Valoriser et motiver au sein des laboratoires et entreprises les chercheurs et ingénieurs déposant des brevets de qualité par le versement de royalties sur leur exploitation industrielle.

Autofinancer partiellement la recherche par un circuit de transfert technologique de brevets de qualité vers des start-ups prêtes à les mettre en application avec versement de royalties à l'exploitation.

13. Protéger fermement la propriété intellectuelle

Il est nécessaire de renforcer les sanctions à l'égard du vol de propriété intellectuelle. Ainsi, les institutions européennes peuvent notamment compléter les sanctions civiles et pénales avec une interdiction de l'accès sur le sol européen pour les individus coupables et l'accès au marché unique pour les entreprises étrangères condamnées pour vol de propriété intellectuelle.

14. Favoriser l'établissement de standards et normes technologiques d'initiative européenne

Dans la lignée de la proposition précédentes, l'Union européenne doit plaider et favoriser des standards communs dans les institutions

internationales. À ce titre, la réglementation unique et sine qua none pour l'entrée sur le marché européen doit permettre de favoriser ce type de démarche.

15. Harmoniser davantage le système européen de crédits associés aux enseignements

L'éducation relève de la prérogative des États membres, mais l'action européenne peut être utile sur les crédits auxquels donnent droit les enseignements et sur le nombre de crédits à valider chaque année. Il s'agit ainsi d'évaluer la qualité de l'enseignement, et de faciliter les échanges européens.

GAGNER LA GUERRE DES CERVEAUX

16. Gagner la bataille des meilleurs talents mondiaux

La France doit gagner la guerre des meilleurs talents mondiaux pour devenir une nation de savants capable de prétendre au titre de superpuissance technologique et scientifique. Selon une enquête menée par l'Union européenne, les raisons invoquées par les chercheurs partants aux États-Unis : meilleures possibilités d'emploi, meilleures perspectives de carrière, meilleur accès aux technologies de pointe, meilleures installations de recherche.

Ainsi, cette guerre nécessite une politique globale pour éliminer les barrières réglementaires, établir des partenariats pour des grands projets, et développer les établissements d'enseignements supérieurs ainsi que les centres de recherche pour rivaliser avec les anglo-saxons. Sur ce dernier point, le plan de relance ainsi que les politiques d'investissement doivent comprendre un volet sur le soutien aux universités et aux centres de recherche pour moderniser leur installation.

17. Attirer les jeunes talents en provenance de l'étranger

Il faut très tôt dans leur carrière, retenir les talents étrangers. Bon nombre d'étudiants asiatiques et européens poursuivent leurs études au Royaume-Uni et aux Etats-Unis avant d'y rester pour leurs carrières académiques. Afin de capter ces talents, des systèmes de bourses post-doctorales allouées par l'ANR pourraient cibler les étudiants étrangers. A titre d'exemple la *Future Leaders Fellowship* du UKRI dispose d'un fond de 900 millions de pounds et est déversée chaque année à 40% d'étrangers qui, choisis sur des critères d'excellence académiques, établissent leurs débuts de carrière au Royaume-Uni.

18. Une politique migratoire adaptée

La politique migratoire doit favoriser la venue d'une main d'œuvre très qualifiée, en créant un abattement supplémentaire pour les impatriés pour les revenus supérieurs à 50 000 euros par an et travaillant dans un domaine jugé comme prioritaire par le commissariat au plan notamment les ingénieurs, les scientifiques, et les chercheurs.

19. Augmenter le pouvoir d'achat des chercheurs et indexer les rémunérations selon des critères de résultat

Il semble inévitable de procéder à une revalorisation des salaires des chercheurs et des personnels de laboratoires. Leur pouvoir d'achat est, comme nous l'avons vu, nettement inférieur à celui de leurs voisins et des autres pays membres de l'OCDE. Mais au-delà d'une revalorisation arithmétique des salaires, les conditions de progression doivent être adaptées à la concurrence internationale. Ainsi, le statut de fonctionnaire des chercheurs doit être abandonné, ou du moins sa dimension d'indexation du salaire sur l'ancienneté, et ceci au profit d'une rémunération indexée sur le nombre de publications, de dépôts de brevet, et de reprises de ces derniers par l'ensemble de la communauté scientifique. Une telle mesure permettrait, comme ce fut le cas en Suisse avec les écoles polytechnique, de

conserver les meilleurs talents, et d'attirer ceux étrangers, en offrant une véritable concurrence aux salaires proposés dans les autres pays. Redynamiser la recherche française passera aussi par une amélioration des conditions de travail des chercheurs. Un tel objectif nécessite d'allouer plus de temps aux chercheurs pour leurs travaux, et donc de les alléger en termes de charge administratives. En ce sens, il est primordial d'uniformiser au maximum les démarches de subvention et de constitution des dossiers entre les différents organes à même de financer les projets de recherche. Ceci devrait aussi conduire à une augmentation du budget de financement de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) ainsi qu'une hausse du taux de « succès » des demandes de financement. De plus, il est urgent de ne plus sanctionner d'un point de vue évolution de carrière, les aller-retours entre le privé et le public pour les emplois scientifiques. Le cloisonnement public privé n'a plus de sens à l'ère du 21^{ème} siècle pour les chercheurs, que cela soit pour leur rémunération, leur cotisation retraite, leurs évaluations d'acquis, ...

20. Mettre en place des formations de techniciens supérieurs dispensés par les instituts de recherche

De plus, après des années de réductions des effectifs dans les universités et laboratoires, la formation et l'embauche de techniciens qualifiés est nécessaire à la bonne poursuite des travaux de recherche. Des formations en apprentissage pour techniciens supérieurs dispensés par les instituts de recherche eux-mêmes (CNRS, CEA, Inserm etc) doivent être mises en place et adaptées à leurs besoins et à ceux de l'industrie. A titre d'exemple, l'autorité britannique de l'énergie atomique (UKAEA) gère le centre de compétences avancées d'Oxfordshire (OAS) en partenariat avec le Science and Technology Facilities Council. Depuis 2019, le centre OAS est spécialisé dans des domaines tels que l'ingénierie énergétique, l'IA, la robotique et la conception nucléaire et forme jusqu'à 350 apprentis techniciens par an pour l'UKAEA et une foule de partenaires industriels, 80 % des apprentis allant dans l'industrie locale.

21. Revoir entièrement l'organisation même de la recherche

Alors que l'organisation de la recherche en grands instituts correspond parfaitement à l'impératif de développer des recherches stratégiques et de rattraper notre retard dans les domaines identifiés par le politique, elle n'est pas du tout adaptée à la production de connaissances scientifiques de pointe au niveau international, comme en témoigne la faible production française en terme de quantité de publications, et en terme de niveau d'impact de cette recherche (publication dans des revues scientifiques prestigieuses, brevets). En effet, la production de connaissances scientifiques de pointe au niveau mondial nécessite d'être frontalement aux prises avec la concurrence mondiale, ce qui n'est pas encore le cas aujourd'hui.

Nous devrions donc accepter cet état de fait et nous y adapter. Ainsi, nous devrions adopter un système hybride, et relativement cloisonné, entre des grands organismes de recherche hérités du gaullisme, et un système décentralisé de petites unités de recherche fonctionnant comme des PME et correspondant au modèle international (ces unités seraient localisées au CNRS ou dans les universités, comme aujourd'hui, et seul leur fonctionnement serait modifié). Afin de pallier le manque de budget et à la perte de rayonnement des universités françaises, le développement de grands complexes universitaires et technologiques, où collaborent Grandes Ecoles, universités et où le monde académique côtoie les entreprises, doivent être approfondis. C'est déjà le cas à Paris-Saclay ou Sophia-Antipolis, le premier ayant été classé second meilleur établissement au monde pour l'étude et la recherche en mathématiques. De plus, les grands organismes de recherche seraient focalisés (et recentrés) sur des domaines stratégiques d'importance vitale (le nucléaire pour le CEA, l'intelligence artificielle pour l'INRIA, la recherche biomédicale appliquée pour l'Inserm, etc.), et les dotations publiques pour ces organismes correspondraient à nouveau aux objectifs qui leurs sont fixés, de sorte que les chercheurs y travaillant n'auraient pas besoin de candidater à des financements extérieurs (et cela pourrait même leur être interdit), ni même de publier (même si cela serait malgré tout encouragé). En parallèle, les salaires des personnels des unités

de recherche ne seraient plus payés par les universités ou l'Etat, et les directeurs de ces unités auraient ainsi la pleine responsabilité de leurs choix de recherche scientifique et de recrutement. La seule contrainte qui leur serait imposée sont des objectifs en termes de nombre et de niveau d'impact des publications qu'ils produisent, sur le modèle international. A défaut de remplir ces objectifs, leur laboratoire se verrait fermé, et un nouveau laboratoire serait ouvert à sa place, après une phase de sélection des chercheurs prometteurs et de leurs projets de recherche. Ainsi, au-delà de ses rôles de définition des thématiques de recherche et de leurs financements, l'Etat aurait également vocation à suivre la progression des travaux, à travers des audits. Ces derniers pourraient être réalisés par l'ANR, ou depuis son rétablissement, par le Commissariat aux Plans, et aurait le pouvoir de réorienter des fonds ou de fermer des laboratoires qui ne répondent pas aux critères fixés.

REVER AVEC LES GRANDS PROJETS

22. Renouer avec les politiques de grands projets scientifiques

Réinstaurer une politique de grands projets scientifiques, afin de fédérer la communauté des chercheurs et la nation. Pour cela, l'Europe peut être utile, mais une Europe à la carte, avec des pays se groupant autour de projets de recherche communs en fonction de leurs intérêts réciproques.

Faire une loi de programmation de la recherche : sur les sujets d'étude, les moyens, la condition des chercheurs, la diffusion et la démocratisation de la science. Cette loi de programmation doit se faire en concertation avec les milieux scientifiques, après plusieurs mois de consultation. Une commission de la recherche, en étroite collaboration avec le ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche, avec des scientifiques représentant toutes les tendances de la recherche française en sciences dures comme en sciences humaines, veillera à la bonne application de la loi de programmation.

23. Établir des priorités européennes sur des grandes causes technologiques et scientifiques

Les institutions européennes avec l'appui du Commissariat aux grands projets doit définir une liste de priorités européennes pour ensuite les décliner. S'il n'y a pas de possibilités d'accord, il est possible de privilégier le niveau intergouvernemental pour y remédier.

À ce titre, il est nécessaire d'éviter de faire un appel à projet générique, où les chercheurs doivent former des consortia (forcément non-inclusifs envers ceux qui n'ont pas la chance d'en faire partie) sur un sujet de leur choix.

Pour améliorer ce dispositif, il est nécessaire de former un comité scientifique de pilotage représentant l'ensemble de la communauté scientifique chargé de définir la marche à suivre et la division en « work packages ». La gouvernance scientifique est en effet cruciale au succès des projets.

Axe : Plan d'aménagement du territoire et le transport

24. Développer le projet d'un réseau Hyperloop européen entre les grandes métropoles

Si l'on souhaite unifier le territoire européen, baisser nos émissions de gaz à effet de serre dues au transport aérien, et atteindre l'objectif de trajets paneuropéens nécessitant moins de cinq heures de trajet, il sera nécessaire de construire un réseau de transport Hyperloop entre grandes métropoles/plateformes multimodales de transport à l'échelle européenne. En effet, l'Hyperloop s'annonce comme la prochaine technologie de rupture, justifiant de ne pas investir dans la technologie déjà bientôt dépassée des trains à lévitation magnétique.

La raison en est que l'Hyperloop permet de s'affranchir des frottements de l'air qui constituent la dernière limite physique majeure empêchant l'augmentation des vitesses de déplacement des trains. Ainsi, les trains à

l'évitement magnétique, qui ne subissent aucune autre contrainte que la résistance de l'air, ne peuvent que difficilement dépasser les 600km/h (la seule ligne commerciale existant aujourd'hui atteignant quant à elle une vitesse maximale de 431km/h). Au contraire, les capsules des Hyperloops pourront atteindre des vitesses largement supérieures à celles des avions, les prototypes les plus avancés dépassant déjà les 1000km/h de vitesse de croisière.

25. Développer l'aviation supersonique ou suborbitale

En prolongeant la volonté d'intégration du territoire Européen, l'objectif suivant serait de raccourcir les très longues distances grâce à l'aviation. Dans un monde de plus en plus intégré, et forts de la position centrale de l'Europe sur le globe terrestre (à l'exact opposé du vide du Pacifique), nous pourrions nous fixer comme objectif de raccourcir les transports intercontinentaux en développant une aviation supersonique ou suborbitale commerciale et abordable. Un avion suborbital pourrait envisager de relier Paris à Tokyo en seulement deux heures de vol.

Les technologies développées à cette fin bénéficieront également aux technologies spatiales, et vice-versa.

26. Favoriser l'émergence d'un nouveau modèle de ville

Confronté aux enjeux de la transition énergétique et à la modification de nos modes de vie, les villes actuelles sont obsolètes. Il s'agit de pour l'Europe de favoriser l'émergence d'un nouveau modèle de ville en adaptant ses métropoles aux défis de la ville de demain. Il convient ainsi de mettre en place de grands plans de rénovation des bâtiments, de développement du transport multimodal et d'utilisation des outils numériques.

Ceci doit permettre de rendre nos villes moins énergivores, plus connectées et plus attractives tant économiquement qu'en terme de bien-être.

Axe : Santé**27. Prévenir le vieillissement**

La plupart des maladies dont nous souffrons aujourd'hui sont principalement des maladies liées à l'âge (cancers, maladies neurodégénératives, maladies cardiovasculaires, etc.). Plutôt que de continuer à chercher à soigner une myriade de maladies différentes qui ont des coûts gigantesques en termes humains et financiers, et aboutissant à augmenter l'espérance de vie globale alors que l'espérance de vie en santé stagne, nous devrions nous attaquer à la cause première de ces maladies, le vieillissement.

Au cours des dernières décennies, les études sur la longévité, sur le rajeunissement et notamment sur la reprogrammation, ont fait des progrès énormes. La reprogrammation est ainsi le processus pour la découverte duquel le Japonais Shinya Yamanaka a obtenu le prix Nobel, et qui permet de retourner des cellules âgées à un stade fœtal (les cellules souches induites). Récemment, un institut de recherche a été fondé aux USA et financé avec 3 milliards d'euros d'argent privé précisément pour étudier ce processus, ses mécanismes (qui sont à l'œuvre à chaque fois qu'une cellule germinale, âgée, produit un spermatozoïde ou un ovule, qui sont au stade fœtal de jeunesse), et travailler à la traduction de ces mécanismes en thérapies permettant de rajeunir les humains, ou au moins d'en freiner le vieillissement.

28. Éradication des maladies génétiques par le génie génétique

L'objectif que nous pourrions nous fixer est qu'à l'horizon 2050, plus un seul nouveau-né Européen ne souffre d'une maladie génétique. Plutôt que de chercher à soigner à posteriori des maladies 1) atroces à vivre pour les patients et leur famille, 2) dont bon nombre sont incurables et même quand elles le sont, extrêmement coûteuses à soigner (ou simplement à gérer de manière chronique) - comme en témoigne le Zolgensma, thérapie génique et médicament le plus cher du monde, à environ 2M€ par traitement -, et

laissent des séquelles, on devrait s'attacher à les éradiquer une fois pour toute. Pour cela, il faudra à la fois augmenter les financements, et libérer la recherche en génie génétique des contraintes réglementaires qui pèsent excessivement sur elle. L'UE a déjà pris un retard très significatif dans ce domaine de recherche. Il faudra également que les mentalités changent, avec l'acceptation de corriger ces maladies génétiques in vitro, avant insémination.

Les questions éthiques soulevées tant par la prévention du vieillissement que par le génie génétique sont claires et il faudrait absolument lancer dès à présent au niveau européen le grand débat de bioéthique nécessaire sur les avancées récentes sur ces sujets (en génie génétique notamment). Il faut cependant garder à l'esprit que ces recherches auront lieu quoi qu'il arrive (notamment en Chine), il s'agit donc de rester maître de la technologie afin de pouvoir y imposer les contraintes éthiques que nous, Européens, jugeons souhaitables. Se détourner de ces sujets de recherche reviendrait à abdiquer notre souveraineté future aux Chinois.

Axe : L'énergie

29. Soutenir la fusion nucléaire

Si le fait que le réacteur international expérimental de fusion (ITER) soit implanté à Cadarache est un atout majeur, nous ne pouvons pas seulement nous reposer sur ce projet. Ainsi, si la fusion doit voir le jour en Europe, il faudrait, comme les Etats-Unis, favoriser les différentes approches tentant de rendre ce type de réaction nucléaire commercialement utilisable pour produire de l'électricité.

En effet, nous savons déjà produire des réactions de fusion nucléaire : 1) avec les bombes thermonucléaires (bombes H), mais ce n'est pas une réaction contrôlée, et 2) en laboratoire, mais là, lancer la réaction contrôlée de fusion consomme plus d'énergie qu'elle n'en génère en retour (de fait, ITER n'a pas pour objectif d'être en capacité de produire de l'énergie).

Ainsi, il ne faut pas se voiler la face : la fusion reste une perspective lointaine, extrêmement complexe à maîtriser et à espérer pouvoir rendre exploitable industriellement. Néanmoins, il convient de rappeler que la fusion nucléaire, l'énergie au cœur du Soleil, porte la promesse d'une énergie absolument inépuisable, puisque le "carburant" de cette réaction est un hydrogène lourd qu'on trouve dans l'eau de mer (et pour l'approvisionnement duquel nous ne dépendrons donc pas de l'étranger), et ne produisant aucun déchet radioactif (le résultat de la réaction est l'Hélium, un gaz rare).

30. Développer le solaire spatial

En parallèle de la fusion, qui ne pourra raisonnablement pas être une réalité industrielle avant 2050, nous pourrions développer un programme de solaire spatial. Cette technologie consiste en l'envoi de panneaux solaires en orbite géostationnaire, et de l'envoi de l'énergie ainsi récoltée vers la Terre grâce à un laser, dont l'énergie est ensuite captée par une base au sol, et convertie en électricité.

L'avantage décisif de cette technologie est le fait que l'énergie du soleil parvenant à ces panneaux solaires n'est pas atténuée par l'atmosphère, et n'est pas tributaire de la météo. C'est donc une source d'énergie qui n'est pas intermittente (la seule interruption pour une telle centrale solaire spatiale serait au milieu de la nuit, pendant environ une heure, le temps du passage dans le cône d'ombre de la Terre, et le positionnement d'autres centrales à des endroits distants permettraient de compenser ce passage dans le cône d'ombre)

Cette idée, longtemps impensable à cause du coût prohibitif de mise en orbite d'un kg, est en train de revenir au goût du jour à la faveur de l'effondrement du coût d'accès à l'orbite terrestre, sous l'impulsion de Space X et ses lanceurs réutilisables notamment. Elle est ainsi en train d'être développée activement par la Chine (la plus avancée) mais aussi la NASA, avec l'Agence Européenne Spatiale qui vient également de relancer un programme d'études de faisabilité et de développement des technologies nécessaires. Nous devrions davantage soutenir ces programmes, et en

parallèle augmenter nos efforts pour participer à la baisse des coûts de mise en orbite, nécessaire à la réussite de nos autres ambitions européennes pour l'espace.

31. Développement de l'ingénierie climatique.

En complément de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la situation actuelle dramatique du système climatique nous contraint à nous attaquer frontalement au dérèglement climatique, en contrebalançant ses effets grâce à des procédés humains, si nous voulons avoir une chance de sauver un maximum d'écosystèmes. Ce qui se passe dans l'Arctique, où l'écosystème est déjà au bord de la rupture du fait de l'impact disproportionné du réchauffement sur cette région du globe, témoigne de l'urgence dans laquelle nous sommes.

Les idées existent mais n'ont jusqu'à présent jamais été développées, de peur de détourner l'attention et les moyens financiers du besoin (primordial) de diminuer les émissions de gaz à effet de serre. D'importantes questions seront soulevées par ces technologies, notamment dans le cas où certains pays profiteraient des changements climatiques qu'ils opéreront, au détriment des autres. Un organe de gouvernance au niveau mondial des actions d'ingénierie climatique devra être créé pour piloter ces actions qui auront également une vocation de réduction de la gravité des catastrophes naturelles d'origine météorologique. In fine, l'ingénierie climatique nous permettra non seulement de sauver le climat et les écosystèmes, mais aussi des vies humaines.

Axe : Les nouvelles technologies

32. Ordinateur quantique

Innovation de rupture, l'ordinateur quantique permettra de nouveaux usages et une capacité de calcul inégalée par les ordinateurs traditionnels. Il doit permettre des avancées structurantes en cryptographie et permettre la résolution de problèmes informatiques aujourd'hui trop complexes pour

nos technologies actuelles. Alors que les grandes multinationales comme les GAFA et IBM ont déjà leurs programmes de recherche en Quantum Computing, il est crucial pour la France de s'armer sur ce domaine pour ne pas voir les multinationales remplacer les États. Si maîtriser en premier cette technologie donnera un atout stratégique important à la France, à l'inverse ne pas l'acquérir lorsqu'elle sera mise au point pourrait mettre en danger sa souveraineté.

33. Favoriser la robotisation

Il s'agit de pouvoir gagner en productivité tout en relocalisant des activités industrielles, qui, certes, seront productrices de moins d'emplois qu'avant délocalisation, mais en contrepartie ces emplois seront mieux rémunérés. Cela permettra également de répondre au défi d'une démographie déclinante dans un certain nombre de pays européens, sur le modèle du Japon.

34. Metavers

Le metavers sera la prochaine grande mutation du monde numérique. Cette mutation conduira à une transformation profonde de nos usages d'internet et va faire apparaître de nouveaux biens et services. Alors que l'Europe a raté la première révolution numérique en étant incapable de faire émerger de grands champions européens pouvant concurrencer les GAFAM, elle ne peut se permettre de louper la révolution du métavers. Il s'agit pour la France de développer ses propres produits et services du métavers. En supplément de l'aspect économique, il y a à travers la création d'une industrie du métavers européen un fort enjeu de souveraineté.

CONCLUSION

Pour redevenir une nation de savants, la France se doit de définir les orientations de la recherche, les thématiques nécessaires au développement de son économie et aux changements sociétaux. L'Etat doit être l'acteur du temps long, qui sait apprécier les évolutions dans les dizaines d'années à venir. Ainsi, il lui incombe de définir des grands projets, des grandes thématiques industrielles et scientifiques, et de délivrer les financements selon ces thématiques.

Nous pourrions citer à titre d'exemples les biotechnologies, l'informatique quantique, l'intelligence artificielle ou encore la fusion nucléaire. L'Etat pourrait aussi lancer des appels à projets dans des secteurs peu explorés, et qui représenteraient un retour sur investissement sur un temps très long, avec de faible probabilité de réussite. Ce sont les *moonshot projects* de Google, dont la majorité n'ont pas aboutis, mais dont certains sont devenus de véritables géants industriels, comme l'entreprise *Verily*, branche santé du groupe *Alphabet*. Les Etats-Unis disposent à l'échelle fédérale d'un outil que la France pourrait adapter à l'échelle nationale le *Defense Advanced Research Projects Agency*, DARPA, qui finance des projets à des fins militaires, mais dont les retombées économiques sont colossales, étant entre autre à l'origine du GPS, d'Internet ou de la traduction automatisée.

La France a vocation, pour paraphraser Clémenceau, à être le pays de l'idéal. La recherche scientifique doit se voir imposer des cadres éthiques et moraux. La France doit se positionner en tant que pionnière de la régulation des nouvelles technologies, afin d'une part de limiter leurs impacts potentiellement néfastes ou inconnus, et d'autre part de faciliter les nouveaux développements dans un contexte juridique clair.

Pays des Lumières, la France est une civilisation technologique et un berceau de la méthode scientifique et des progrès techniques ayant donné naissance aux grands progrès de l'Humanité. Rester à la pointe des avancées scientifiques et technologiques est impératif non seulement pour des

questions de compétitivité et d'emploi au bénéfice des Français, mais aussi pour des questions stratégiques de souveraineté : nous ne devons pas être tributaires d'entreprises américaines ou chinoises pour nos infrastructures technologiques stratégiques. En faisant émerger une véritable vision française du progrès scientifique et technologique, adossée à des moyens humains et financiers et à un environnement institutionnel favorable, la France pourra à nouveau se projeter vers l'avenir, et pourra à la fois retenir ses meilleurs cerveaux et en attirer de l'étranger en leur offrant les moyens de transformer les révolutions technologiques qu'ils imaginent en des réalités. Il s'agit ainsi de faire de la France, une nation de savants pour gagner la course du progrès qui est une des clés de la compétition mondiale. Remporter ce match nous confèrera des avantages économiques, politiques et militaires. Cette course au progrès doit nous permettre de répondre aux défis, d'assurer la prospérité du continent et de faire émerger un modèle singulier pour restaurer notre fierté d'être français.

Par **William Thay**, Président du Millénaire,
Clément Perrin, Directeur des Études du Millénaire,
Sacha Maire, analyste du Millénaire.



Le Millénaire est un groupe de réflexion spécialisé sur les questions de politiques publiques et travaillant à la refondation de la droite. Il est composé d'une trentaine de contributeurs de divers horizons — cadres du privé, du public, chercheurs, chefs d'entreprises — et chacun expert dans son domaine.

Président : William THAY

Secrétaire générale : Marion PARISSET

Secrétaire général adjoint à la stratégie : Emeric GUISSSET

Secrétaire général adjoint aux Études : Matthieu HOCQUE

Directeur des Études : Clément PERRIN

Communication : communication@lemillenaire.org

Presse : presse@lemillenaire.org

Et pour suivre toutes les actualités du Millénaire :

<http://lemillenaire.org>



Mentions légales : L'ensemble de ce rapport relève de la législation française et internationale sur le droit d'auteur et de la propriété intellectuelle. Tous les droits de la reproduction sont réservés à l'association « Le Millénaire », la reproduction de tout ou partie de ce rapport sur quelque support que ce soit est formellement interdite sauf autorisation expresse du Président de l'association.