



**Think
Tank.**

**Arts &
Métiers**

**L'EFFICACITÉ
DU TRIPTYQUE
FORMATION –
RECHERCHE – ENTREPRISE**

RAPPORT / MAI 2024

SOMMAIRE

Introduction.....	4
I. L'ÉVOLUTION HISTORIQUE 1945/2023.....	6
1.1 Les Trente Glorieuses.....	7
1.2 La mondialisation « heureuse ».....	8
1.3 La période actuelle : 2008-2023.....	10
II. LA PRISE DE CONSCIENCE DES LIMITES ET LA QUÊTE DU SENS.....	11
III. LE RÔLE STRUCTURANT DES ETATS ET LA VARIÉTÉ DES STRATÉGIES.....	13
2.1 Les Etats-Unis.....	15
2.2 La Chine.....	17
2.3 Le Japon.....	19
2.4 L'Inde.....	20
2.5 La Corée du Sud.....	21
2.6 La Suisse.....	22
2.7 Israël.....	22
2.8 L'Europe.....	23
2.9 La France.....	25
IV. LA DYNAMIQUE DE L'ÉVOLUTION.....	27
3.1 Les tendances de fond.....	27
3.2 Darwinisme et écosystèmes.....	29
Un écosystème original: un labo commun comme facteur d'accélération.....	30
3.3 Évolution et cohésion des écosystèmes.....	31
3.4 La diversité des acteurs et les processus associés.....	33
3.4.1 La figure du créateur-entrepreneur individuel et les start-ups.....	33
3.4.2. Les grandes entreprises.....	35
3.4.3. Les ETI.....	36
3.4.4. Les entreprises familiales.....	37

V. L'ÉCOSYSTÈME DE LA RECHERCHE PUBLIQUE EN FRANCE	39
5.1 Universités, grandes écoles, organismes (dont CNRS) (EPST)	40
Le cheminement d'une découverte, le CRISPR-Cas9	42
5.2 Les EPIC (dont le CEA)	43
Politique de valorisation du CEA	45
5.3 Les centres techniques industriels (CTI)	45
VI. LES DISPOSITIFS D'INTERFACE ET DE TRANSFERT (PARTENARIATS)	
ENTRE LA RECHERCHE ACADÉMIQUE ET LES ENTREPRENEURS	47
5.1 Les Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT)	50
5.2 Les Instituts de Recherche Technologique (IRT)	50
5.3 Les Instituts de la Transition Energétique (ITE)	51
5.4 Le label CARNOT et les Instituts CARNOT	51
5.5 Les Pôles de Compétitivité	52
5.6 Les nouveaux dispositifs de financement de la recherche partenariale	52
VII. LES SPÉCIFICITÉS DU SYSTÈME DE FORMATION FRANÇAIS	54
6.1 Grandes écoles généralistes	55
6.2 Écoles scientifiques spécialisées	55
La formation STEM aux Etats-Unis	56
ANNEXES	59

INTRODUCTION

La mondialisation a pu donner l'illusion que la planète était devenue le grand terrain d'un jeu, animé par des acteurs, entreprises, institutions ou individus «nomades» dans lesquelles nations, institutions et citoyens «sédentaires» n'avaient plus qu'à s'adapter à un capitalisme mondialisé (Pierre Noël Giraud). Une rapide mise en perspective de l'histoire économique nous rappelle combien les stratégies concernant le Triptyque ont toujours été nationales, les enjeux étant ni plus ni moins, la place et les ambitions des nations concernées dans le monde, la prospérité de leurs sociétés, le sens que les citoyens peuvent donner à leur action voire à leur existence.

La conscience de ces enjeux a guidé la démarche du groupe de travail dans sa discussion sur l'amélioration du Triptyque. Nous avons successivement examiné:

- **L'évolution historique** de la perception par la société du sentiment de progrès depuis 1945, de la «science et la technique» à «l'innovation», et, les attentes actuelles dont la prise en compte est indispensable pour l'amélioration du Triptyque,
- **Le rôle structurant des Etats et la variété des stratégies** qu'ils déploient

selon leurs traditions, leurs contraintes et orientations politiques et économiques,

- **Le rôle des écosystèmes** locaux dans ces stratégies, avec un focus sur un modèle particulièrement inspirant, celui de [l'écosystème grenoblois](#) (qui fait l'objet d'un document à part),
- **Le rôle des différents acteurs** dans ces stratégies nationales: entrepreneurs et entreprises de plusieurs types, établissements de formation et de recherche, et organismes de transfert chargés d'améliorer l'efficacité du Triptyque. L'ensemble est particulièrement complexe en France.
- **Les spécificités du système de formation français.**

Sur chaque thème, nous avons essayé de mettre en évidence les points dont la prise en compte s'impose pour la poursuite de l'amélioration du triptyque, en formulant les facteurs clés de succès, voire des recommandations.

L'ÉVOLUTION HISTORIQUE 1945/2023

Pour comprendre la situation actuelle, nous peut distinguer trois grandes périodes depuis 1945 :

- Les Trente Glorieuses et leur compromis «interclassiste» s'exerçant dans des cadres encore nationaux et relativement étatiques. En Europe, c'est une période de reconstruction; au niveau mondial, les phénomènes marquants sont la décolonisation et la guerre froide.
- Cette période est suivie par la « mondialisation libérale ». C'est une période d'ouverture des échanges humains et commerciaux pendant laquelle s'amorce une révolution technique majeure, celle du numérique.
- Enfin, la période actuelle, qui commence avec la crise de 2008, installe un nouveau paysage de questionnement: dérèglement climatique, perte de biodiversité, pandémies...

Entre chacune de ces périodes se produisent des transitions où s'expriment des sensibilités et des aspirations nouvelles. Plus récemment, nous témoi-

gnons d'une prise de conscience aiguë des limites des capacités d'adaptation du système « Terre » aux activités humaines et des interdépendances incontournables. Le Triptyque doit donner plus de sens dans la vie quotidienne et dans les activités professionnelles.

1.1. Les Trente Glorieuses

En pleine période des « Trente Glorieuses » (1945-1975), le développement scientifique et technique était largement considéré comme un moteur de progrès pour la Société. La vie de tout un chacun, ou en tous cas d'une large majorité de citoyens a bénéficié de l'électroménager domestique, de l'automobile pour tous, des nouveaux matériaux tels que les plastiques ou les fibres synthétiques, des antibiotiques, de l'invention de techniques contraceptives fiables, de la mécanisation agricole...

Les grandes entreprises technologiques ont bâti des pans entiers de l'économie (Aéronautique, Spatial, Automobile, Nucléaire, Ferroviaire, Téléphonie, etc.), soutenues par l'Etat et plébiscitées par la population. Elles attiraient les capitaux et les meilleures compétences. **On peut dire que le Triptyque « Formation - Recherche - Entreprises » tournait à plein régime**, porté par la confiance dans la technologie. Il opérait dans un cadre largement national : élites d'origine locale formées dans un système éducatif national, rôle important des États dans le financement de la recherche et de l'économie. En France, les grands projets d'alors (TGV, Ariane, Airbus, centrales nucléaires, téléphonie, pour ne citer que ceux-là) sont encore bien présents dans notre vie quotidienne, d'autres comme le Minitel annonçaient les grandes mutations à venir.

Le chômage est inexistant jusqu'en 1968. L'éducation pour tous, d'abord essentiellement cantonnée au primaire, s'est progressivement étendue au secondaire (réforme Haby de 1975) et dans une certaine mesure à l'université. La confiance dans les études comme moteur de l'ascenseur social était largement partagée.

Certes, la période avait son envers: équilibre des grandes puissances sous menace d'apocalypse nucléaire, guerres directes ou par procuration dans le tiers-monde, sous-développement, dureté des conditions de travail et de vie dans un monde encore en reconstruction. Néanmoins, le présent était perçu à l'aune d'un passé récent terrible et il ne faisait pas doute que demain serait meilleur qu'aujourd'hui.

La contestation de la jeunesse qui commence à s'exprimer dans les pays développés et en France en 1968 et dans les années qui suivent, atteste indirectement des progrès accomplis dans la période: critique de la société de consommation, revendications libertaires, rapports du club de Rome sur la limite des ressources de la terre, premiers grands mouvements écologiques (Larzac), contestation du nucléaire civil... Ils témoignent également d'un développement vigoureux du consumérisme et de l'individualisme.

Les trente glorieuses prennent fin dans les craquements du système financier: fin de la convertibilité du dollar en or en 1971, chocs pétroliers de 1973 puis de 1979, stagflation et chômage...

1.2. La mondialisation « heureuse »

En prologue de la période 1980-2008, Jimmy Carter signe en 1978 le décret de dérégulation du transport aérien aux États-Unis qui libère tarifs et routes aériennes et ouvre l'ère de la circulation planétaire des personnes et des biens.

L'année suivante, Margaret Thatcher abolit le contrôle des changes au Royaume-Uni. C'est le point de départ de la libre circulation du capital financier qui s'impose dans le monde occidental et les organismes financiers internationaux dans les années 80.

Aux USA, à partir de 1981, la politique de l'offre mise en œuvre par Ronald Reagan - déréglementation et réductions d'impôts - dynamise le capitalisme américain.

Concomitamment, en 1980, Deng Xiaoping ouvre une Chine, très pauvre, aux échanges extérieurs. Le pays devient rapidement l'atelier du monde. Il adhèrera à l'OMC en 2001.

Le mur de Berlin tombe en 1989, rapidement suivi par la dissolution de l'union soviétique : les barrières de la guerre froide disparaissent. L'Europe se retrouve.

En 1984, avec le premier ordinateur personnel Macintosh, la micro-informatique décolle. La création de l'Internet civil en 1990 inaugure l'ère de la communication instantanée à travers le globe : **c'est une révolution schumpétérienne par l'innovation, moteur d'un nouveau cycle de croissance capitaliste.** L'extraordinaire explosion des produits et services issus du numérique et des start up bouleverse les habitudes de consommation mais aussi les apprentissages, et l'accès aux informations et à la culture.

Cette conjonction exceptionnelle de facteurs déclenche un formidable mouvement d'échanges et de création de richesses: production et consommation explosent, des centaines de millions de personnes sortent de la pauvreté, l'espérance de vie augmente année après année dans la quasi-totalité des pays du monde...

C'est pourtant au cours de cette période que la notion de progrès subit ses premiers assauts. Les rationalisations industrielles induites par une division internationale du travail élargie, laissent au bord de la route les industries traditionnelles des pays développés et des régions entières sortent du monde «en train de se faire» dans un profond sentiment de déréliction. Le mot «Progrès» n'est plus un bien commun, la confiance dans la parole publique et vis à vis des experts est ébranlée.

La mondialisation malgré tout «heureuse» prend fin avec les événements tragiques de septembre 2001 aux Etats-Unis et leurs conséquences.

1.3. La période actuelle : 2008-2023

En 2008, éclate la crise des *subprimes*, largement perçue comme le symptôme aux effets dévastateurs et durables d'une dérégulation excessive, jalon inaugural d'une nouvelle période pleine de remises en cause et d'incertitudes. En France, pays de désindustrialisation accélérée aux causes largement endogènes, des hommes politiques et des économistes commencent à promouvoir l'idée de « démondialisation ». Ce qui n'empêche aucunement le public de s'approprier les pratiques nouvelles issues des GAFAM.

En 2011, la catastrophe de Fukushima montre qu'un pays aussi développé technologiquement que le Japon n'est pas à l'abri d'un accident nucléaire. La légitimité des élites techniques et politiques prend un nouveau coup.

En 2015, l'affichage par le premier ministre chinois Li Keqiang des ambitions affichées dans le plan Manufacturing China 2025 déclenche aux Etats-Unis une réévaluation en profondeur de la relation qu'ils entretiennent avec la Chine.

Les réseaux sociaux (nés avec Facebook en 2004) et les smartphones (iPhone d'Apple commercialisé en 2007) sont porteurs d'une capacité d'échanges et de convivialité inimaginable mais amplifient également la face sombre des comportements sociaux en propageant instantanément les émotions collectives.

La pandémie de 2020 qui a pris les sociétés occidentales «par surprise», a révélé l'ampleur de **la défiance vis-à-vis de la parole publique, des experts et de la science**, même si c'est finalement de cette dernière et de l'industrie «libérale et capitaliste» qu'est venue la solution. Elle a de plus mis en évidence la fragilité imprudente des chaînes d'approvisionnement.

Finalement, le changement climatique est devenu une réalité surplombante, globale et de long terme qui ne peut plus guère être nié.

Qui parle encore de progrès ?



LA PRISE DE CONSCIENCE DES LIMITES ET LA QUÊTE DU SENS

A l'issue d'une longue évolution, le concept de progrès a donc été remplacé par celui d'innovation plus ambiguë, à la fois attendue mais aussi l'objet d'un scepticisme méfiant.

Le Progrès, idéal républicain du XIX^e siècle, sous-entend une dynamique « d'améliorations vécues ». Il ouvre sur un horizon d'épanouissement humain illimité. Le deuxième concept, l'innovation est plus étroitement ciblé : une nouvelle invention adoptée par un groupe social. Il a pris un sens « fonctionnel » dans le monde de l'économie moderne et traduit l'impératif, pour la vie des entreprises et du capitalisme, de l'introduction sur un marché, de nouveautés pour créer une demande profitable (Joseph Schumpeter). Ses protagonistes sont l'entrepreneur, le financier, le marketing, le consommateur. La question du sens n'est pas primordiale.

Or celle-ci est revenue en force dans le débat public, en particulier chez les jeunes, à propos de leur avenir dans un monde qu'ils sentent menacé. Les questionnements philosophiques, politiques et techniques sont intenses: sobriété

et décroissance ou confiance en l'innovation technologique, mécanismes de marché ou réglementation et planification, choix énergétiques... Or ces débats se tiennent dans une conjoncture où, comme il a été dit, la confiance en la science et la parole des experts s'est érodée.

C'est un paradoxe dans un monde qui évolue très rapidement et où l'expertise scientifique mais aussi l'innovation est sans doute plus nécessaire que jamais. Alors l'innovation, oui, mais quelle innovation ?

L'innovation, qui est une bonne mesure de l'efficacité du Triptyque, ne doit plus se penser en termes productivistes ou économiques ni même au sens de la rationalité des Lumières mais plutôt en rationalité sensible et politique.

Ses dimensions sont multiples et vont de l'humain - chacun doit trouver sa place -, au plus global - habitabilité de la planète, soutenabilité de l'exploitation des ressources, ...- et les beaux sujets ne manquent pas !

Cette quête de sens a changé de nature: au début du XXème siècle, «la fée électricité» faisait sens. Au milieu du siècle, on rêvait à l'an 2000 de voitures volantes, d'appareils ménagers qui supprimaient les corvées, de robots. En fin de siècle, le rêve est devenu digital.

Aujourd'hui les rêves ont été remplacés par des projections plus pessimistes les une que les autres. Si on doit se poser aujourd'hui la question de l'efficacité du Triptyque autrement qu'en termes purement productivistes, c'est que la société a cessé de rêver, de se projeter positivement dans le monde d'aujourd'hui.

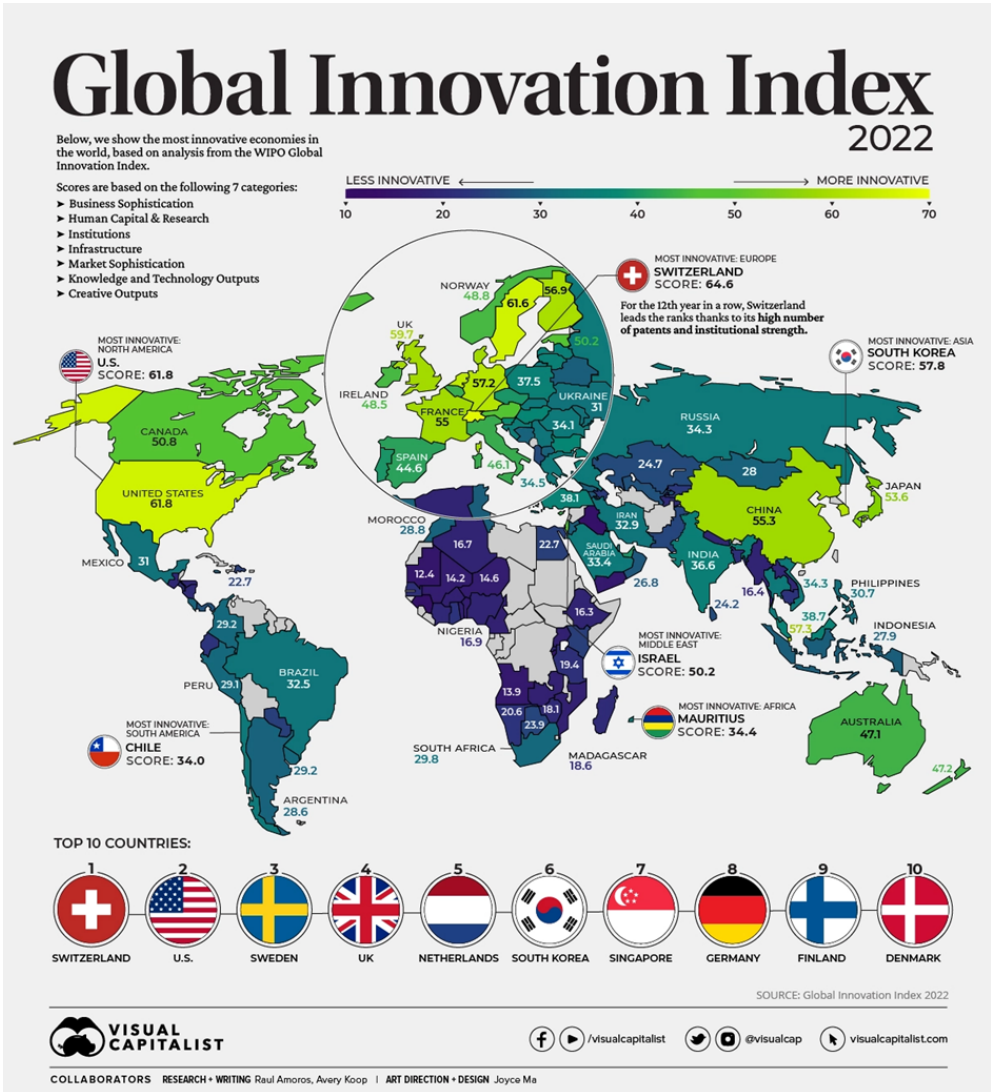
Le rôle de ceux qui créent, chercheurs, ingénieurs, artistes, mais aussi du Triptyque n'est-il pas de rêver le futur, de réinventer le monde ?



LE RÔLE STRUCTURANT DES ÉTATS ET LA VARIÉTÉ DES STRATÉGIES

Explorons maintenant, la dimension géopolitique du Triptyque en nous basant sur le “Global Innovation Index” établi depuis 2007 par l’Organisation Mondiale de la Propriété intellectuelle, indice qui intègre les résultats scientifiques et techniques de des pays, ainsi que leur contribution à la croissance économique.

La carte ci-dessous présente les résultats du classement mondial des performances en matière d’innovation des différents pays du globe.



Un tour d'horizon rapide des leaders et de quelques pays remarquables (sans être exhaustif) permet de nous rendre compte de l'extrême variété des écosystèmes.

Deux points communs se dégagent:

- L'efficacité du Triptyque bénéficie d'un environnement institutionnel et politique stable. Les pays qui réussissent sont ceux qui ont choisi une

voie et qui s'y tiennent. « Il n'est de bon vent pour celui qui n'a pas choisi son port » disait déjà Sénèque. C'est l'effet cumulatif du développement.

- Mais une fois le cadre précédent acquis, **le Triptyque semble le plus performant là où les contraintes sont les plus fortes.** Là aussi, ce n'est pas nouveau, citons William Blake à la fin du XVIII^e siècle « *Sans contraintes, il n'est pas de progrès* ». Citons :

Aux Etats-Unis, la réalité du risque individuel avec l'absence de filet de protection sociale pousse l'entrepreneuriat.

En Israël, la technologie est une composante fondamentale de la souveraineté.

En Suisse, la taille du pays impose l'excellence pour exporter.

Ces contraintes se conjuguent avec les fondamentaux culturels qui renforcent ou appauvrissent la culture scientifique et technologique et la valorisation de l'innovation. En Inde, le système « Jugaad » fait un pari de l'intelligence là où la culture technico-industrielle manque. En Chine, la farouche volonté de revenir à sa place naturelle de leader favorise l'appropriation rapide des technologies venues d'ailleurs. Et comme souvent, l'élève dépasse le maître..

3.1. Les Etats-Unis

L'investissement américain dans le Triptyque est historique et massif : en 2020, 514 milliards USD en R&D en 2020 soit 3,45% du PIB, ou 26 % des dépenses mondiales totales en R&D... Le gouvernement fédéral est le plus grand bailleur de fonds de la recherche fondamentale (41 %), suivi des entreprises (31 %), du gouvernement non fédéral et des organisations à but non lucratif (16 %) et de l'enseignement supérieur (13 %). C'est un moteur du capitalisme américain, profondément ancré dans une culture de l'innovation et de l'entrepreneuriat qui glorifie la prise de risque et qui bénéficie du soutien massif de l'Etat au travers des politiques duales civiles & militaires d'aide à la R&D.

Cette stratégie double équilibre le fonctionnement du Triptyque :

- D'une part, un Etat stratège établit les règles du jeu et les orientations qui doivent assurer la prééminence de la nation américaine et s'en donne les moyens (Le gouvernement fédéral a investi environ 147 milliards de dollars dans la R&D en 2020). Les pièces maîtresses en sont les institutions (Congrès par son action politique et budgétaire...), think-tanks d'analyse stratégique (RAND...), agences (DARPA, NSF, NASA...) qui challengent l'exécutif. Ainsi, le rapport de la National Research Council mettait en garde dès 2012 : « *America's position as the source of much of the world's global innovation has been the foundation of its economic vitality and military power in the post-war. No longer is U.S. pre-eminence assured as a place to turn laboratory discoveries into new commercial products, companies, industries, and high-paying jobs.* » Le président Joe Biden a renforcé historiquement sa politique en matière de recherche et de développement au travers de son plan massif d'investissement R&D de 250 milliards USD dont 180 milliards USD pour la « R&D et les technologies du futur ».
- D'autre part une société civile où l'esprit d'entreprise est roi : entrepreneurs et entreprises qui peuvent s'appuyer sur un grand marché intérieur ouvert à l'innovation; universités associant Enseignement et Recherche au meilleur niveau mondial, bien dotées en fonds publics et privés ; industrie de capital risque puissante et compétente. Le secteur privé investit environ 400 milliards de dollars en R&D par an. L'attractivité de cet écosystème l'alimente d'un flux mondial de talents, scientifiques et entrepreneurs parmi les meilleurs : la moitié des doctorats attribués aux Etats-Unis le sont à des non-américains.

Cette stratégie est d'autant plus cruciale que les ambitions chinoises dans le domaine technologique sont perçues comme une menace pouvant remettre en cause la supériorité géostratégique des Etats-Unis et l'on assiste à l'émergence d'une rivalité systémique Triptyque contre Triptyque.

3.2. La Chine

La Chine se considère comme une puissance leader millénaire qui entend retrouver sa place naturelle. Cette volonté de redevenir le premier pays au monde s'inscrit profondément dans la culture chinoise. Sur la très longue durée – on parle en siècles et millénaires – les études montrent que la Chine a produit environ un tiers de la richesse mondiale ; les deux siècles précédents étant vécus comme un effacement provisoire en passe d'être rattrapé.

Elle est déjà, de facto, « l'usine du monde » et est en passe de réussir sur les plans scientifique et technologique. Cet objectif se traduit, comme il est d'usage, par une série de plans successifs qui définissent les priorités et mobilisent les moyens en conséquence : plan 863 pour la science dès les années 80, plan « innovation de rupture » au début des années 2010, plan China Manufacturing 2025 en 2015, plan TORCH pour les techno parcs... En 2018, le Président Xi Jinping a donné pour objectif, devant l'Académie des Sciences de la Chine, de devenir la première puissance scientifique mondiale, en particulier dans le domaine des hautes technologies, en 2025 (Made in China 2025).

Ainsi la Chine a considérablement augmenté ses investissements dans la recherche, développement et innovation (R&D&I) au cours des dernières décennies :

- Selon les données du National Bureau of Statistics de Chine, les dépenses de R&D ont atteint 2,44 % du PIB en 2020, en hausse par rapport à 2,23 % en 2015.
- En 2020, la Chine a dépensé environ 616 milliards de dollars en R&D, soit une augmentation de 10,3 % par rapport à l'année précédente.
- Selon l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI), la Chine est devenue le premier déposant de brevets au monde en 2019, dépassant les États-Unis pour la première fois. La Chine représentait 58,8 % des demandes de brevets dans le monde en 2020.

Les Académies des Sciences et d'Ingénierie (créées respectivement en 1949

et en 1994) ont une part importante dans la mise en œuvre avec des missions étendues (société savante, tutelle de laboratoire du type CNRS, filiales commerciales pour valoriser le transfert de technologie...).

Cette politique s'accompagne d'une reprise en main des grands champions multinationaux privés chinois du digital : Baidu, Alibaba, Tencent Xiaomi (BATX), Huawei... Ce dirigisme assumé n'empêche pas un formidable dynamisme individuel comme à Shenzhen, par exemple, où toute la chaîne de la valeur de l'électronique se mobilise au profit des projets innovants.

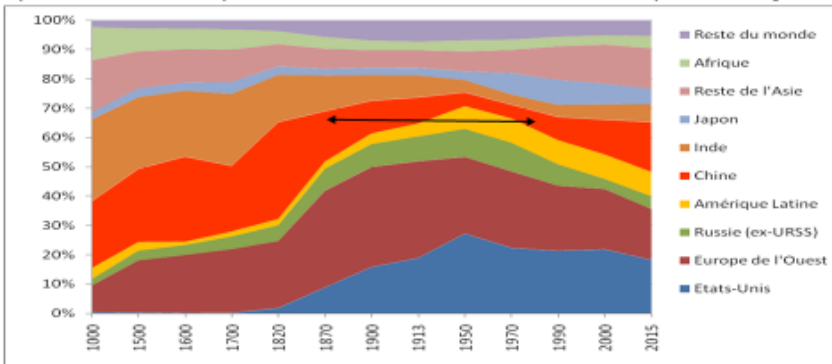
En parallèle, on assiste à une montée en puissance des investissements militaires avec un renforcement des stratégies duales de R&D. L'effort massif d'éducation continue avec un modèle de pilotage centralisé des talents via le bac chinois ou gaokao, l'affectation dans les universités et le pilotage du retour des talents partis à l'étranger. Le modèle de consensus est basé sur l'efficacité.

« Aux demandes de sérendipité des scientifiques, l'Etat chinois répond que les Etats centralisés, avec un rapport descendant vis-à-vis de la science, vont pouvoir produire de l'innovation de rupture. Désormais, on produit un type de science basé sur l'organisation, la classification, le croisement entre qualité et quantité des données. La puissance scientifique du XXI^e siècle sera une puissance d'Intelligence Artificielle et sera donc autoritaire. » La rivalité géo-stratégique entre la Chine et le monde occidental se décline également en confrontation des modèles de production de l'innovation.

Les basculements du monde

LE REEQUILIBRAGE DES ECONOMIES PAR LA GLOBALISATION

Distribution du PIB mondial de l'an 1000 à 2015 : la Chine pèse un tiers de la pib mondiale sur la longue durée avec un effacement entre 1870 et 1970. Pour la reconstitution, le graphique reprend les travaux du professeur Maddison qui reconstitue un PIB à partir de l'évolution des surfaces cultivées et de la productivité agricole



Source : Source : Maddison 2008; FMI, 2010

« China's gross domestic product will surpass that of the U.S. in about 2035, the Goldman group led by Kevin Daly and Tadas Gedminas wrote, while India's GDP will narrowly surpass the U.S. in about 2075. The U.S. currently has the largest economy in the world by far with \$23 trillion in 2021 GDP, according to the World Bank's data, while China has the second-largest GDP at \$18 trillion and India the sixth-largest at \$3 trillion. » (Source Goldman Sachs)



3.3. Le Japon

Le Japon a le troisième budget de R&D au monde, avec une dépense de R&D de plus de 170 milliards de dollars en 2020, ce qui représente environ 3,3 % de son PIB. Le secteur privé japonais est l'un des plus importants contributeurs à la R&D, avec plus de 75 % de la dépense totale en R&D qui provient des entreprises. Les universités et les instituts de recherche japonais jouent un rôle important avec une part estimée à 20 à 25% de la dépense totale en R&D au Japon. Le Japon est un leader mondial en matière de dépôt de brevets, avec environ 50 000 brevets déposés en 2020 (environ 13% des brevets déposés dans le monde) dans des domaines tels que l'électronique, les biotechnologies et les technologies de l'information.

Face au vieillissement de sa population, au choc de l'accident de Fukushima et

à la pénurie naturelle d'espace de son territoire, le Japon continue à miser sur le Triptyque.

Le gouvernement japonais a lancé plusieurs initiatives pour encourager la collaboration internationale dans les domaines clés de l'intelligence artificielle, des énergies renouvelables, de la robotique et des biotechnologies. Ces programmes de recherche conjoints et d'échanges de connaissances renforcent la qualité de ses recherches et contribuent à son avancement technologique.

Le Japon gère son consensus autour de ses valeurs sociétales (propreté - frugalité - harmonie - juste à temps) qui constituent un socle commun de développement et d'innovation. Néanmoins, les Keiretsu japonais, extrêmement bien organisés et très innovants dans les années 70-80 ont perdu le grip face à la Silicon Valley, pourtant bien moins structurée, la Corée et la Chine et l'avenir est obéré par le vieillissement de la population et un déclin démographique aggravé par le refus de l'immigration.

Enfin, la montée des menaces géopolitiques et le changement historique de posture du Japon quant à son effort de défense relancent en grand les synergies duales entre application civile et militaire.

3.4. L'Inde

L'Inde met en œuvre avec constance son ambition de devenir un leader mondial de l'économie de la connaissance tout en maîtrisant l'ouverture raisonnée de son immense marché intérieur, pour favoriser une place de choix à ses industries dans les secteurs de l'air-espace, de la santé, de l'énergie et de l'automobile. Pour cela, elle investit massivement dans le digital pour l'éducation, s'appuie sur un réseau des grandes écoles d'élite: Indian Institutes of Technology (30 000 places par an pour 1,5 millions de candidats pour les 23 instituts), Indian Institute of Science – Indian Institute of Management) très intégrées dans les réseaux d'excellence mondiaux de l'innovation, et s'appuie sur le développement de ses champions dans le digital : TCS, Wipro, Infosys, Cognizant, HCL (TWICH) et au-delà de ses grands entrepreneurs familiaux tels que

Reliance, Tata, Mahindra...

L'Inde se focalise sur les prestations intellectuelles et le digital, dans un contexte industriel défaillant. Elle mise aussi sur son atout traditionnel, la culture du « Jugaad » .

Ses atouts vis à vis d'une Chine devenue chère en main d'œuvre ingénieur et les rivalités géopolitiques favorisent le basculement des certaines activités technologiques vers l'Inde.

3.5. La Corée du Sud

La République de Corée possède la deuxième intensité de recherche la plus élevée au monde et est passée au cinquième rang devant la France en dépenses de R&D. Elle a su développer des champions industriels mondiaux comme Samsung, LG, Hyundai et SK. Les investissements dans la recherche ont contribué à environ 40 % du PIB national sur la période 2013-2017 . Depuis 2017, le gouvernement poursuit une croissance axée sur l'innovation. La Vision d'avenir pour la science et la technologie « vers 2040 » a été révisée pour mettre l'accent sur la qualité de vie, la consommation fondée sur des valeurs sociales et le soutien aux PME.

Une tendance quelque peu préoccupante est la chute de la compétitivité scientifique et technologique depuis 2010, même si les dépenses de recherche ont augmenté. Par conséquent, le gouvernement s'est efforcé de restructurer l'écosystème de l'innovation, notamment en créant un Office national de la science, de la technologie et de l'innovation en 2017 pour améliorer la coordination du système et accroître l'autonomie des chercheurs.

Le modèle coréen tire sa force de la cohérence sur le long terme d'un investissement scientifique au service de l'innovation pour l'industrie et la souveraineté nationale étroitement piloté par l'Etat. Il bénéficie d'une demande engagement dans le système éducatif et professionnel qui crée une forte pression sociale pour la réussite scolaire et académique des enfants, mais en contrepar-

tie la Corée du sud est le seul pays au monde à être tombé en 2022 sous le seuil d'un enfant par femme (0.78)

3.6. La Suisse

La Suisse se classe en tête des pays de l'OCDE pour l'innovation avec un ratio DIRD/PIB de 3,37 % en 2017. La R&D est principalement industrielle, la Confédération finançant la recherche fondamentale et intervenant dans le transfert de technologie. Globalement, les entreprises suisses investissent environ 7 % de leur chiffre d'affaires dans la R&D, soit le pourcentage le plus élevé au monde. Compte tenu des coûts très élevés et de la taille du pays, les écosystèmes visent l'excellence dans des secteurs pointus (Pharma, machines et instruments de précision optique, cleantech...) pour exporter.

Les instituts de recherches nationaux sont rattachés aux EPF, écoles polytechniques fédérales, qui bénéficient d'importants crédits de la Confédération, les Cantons finançant les universités et les Hautes Écoles Spécialisées.

La Suisse doit en partie son succès à sa capacité d'attirer des talents étrangers dans l'industrie privée et le secteur universitaire. La part de sa population adulte possédant des qualifications du niveau de l'enseignement supérieur et/ou travaillant dans le secteur de la STI est parmi les plus élevées en Europe.

Les 3 éléments du Triptyque atteignent ainsi une compétence et une taille critique, à la fois focalisées, très localisées mais interconnectées au niveau mondial.

3.7. Israël

Avec une politique volontariste constante depuis plus de 50 ans dans le domaine de la R&D et de la technologie, Israël se revendique comme la Start-Up Nation.

Les résultats sont à la hauteur des moyens engagés avec plus de 9 000 startup et 70 licornes pour un investissement dans les startup 20 fois supérieur par

habitant à celui de l'Europe (resp. 809 et 41 USD) , provenant à 90% de l'international, et en particulier américains. Les aides de l'État israélien viennent en contrepartie de clauses de maintien sur le sol. La part du PIB consacrée à la R&D civile (5,4 %) est également exceptionnelle.

Avec une exposition à la technologie dès l'enfance, et une forte pression pour réussir, les interactions entre les 3 éléments du Triptyque (auxquels on peut rajouter les investisseurs) apparaissent particulièrement fluides avec des parcours universitaires particulièrement valorisés.

La Tech est au cœur de la souveraineté et perçue comme une réponse aux contraintes extrêmes du pays. Les secteurs civils et militaires et les universités sont très liés, focalisés dans les domaines de l'IA, mobilité intelligente, santé numérique, fintech, agrifoodtech, cybersécurité. Ainsi Israël concentre 20 % des investissements mondiaux dans la cybersécurité. L'ensemble est concentré très largement sur Tel Aviv. Mais ce succès ne touche qu'une partie de la population et ne réduit pas les inégalités.

3.8. L'Europe

L'Europe, qui dans sa diversité, doit relever collectivement les défis du nouveau siècle, peine à mettre en œuvre une véritable politique Européenne de l'Innovation.

Dès les années 70 apparaissent au sein de la CEE les premiers programmes collaboratifs européens COST, Brite-Euram, Esprit... En 1983 un cadre juridique solide permet le démarrage l'année suivante d'un premier PCRD (Programme Commun de Recherche et Développement) mais ce n'est finalement qu'à la signature du traité de Maastricht (en 1992) que l'Union Européenne a donné sa pleine dimension à la recherche et l'innovation comme l'un de ses domaines de compétences. Le traité de Lisbonne en 2000 vise alors à faire de l'UE l'économie la plus compétitive et la plus dynamique du monde, en mettant l'accent sur la recherche et l'innovation.

Au cours des 20 dernières années en particulier, avec le 6e PC, le 7e PC et Horizon 2020, l'UE a développé de nouveaux instruments et a commencé à concentrer une partie principale de ses activités sur la promotion de l'innovation et des liens entre les universités, les RTO (Research and Technology Organisations) et l'économie, avec l'initiative phare « Une Union de l'innovation - Transformer les idées en emplois, Croissance verte et progrès social ».

L'UE a également lancé un certain nombre d'initiatives pour renforcer la coopération internationale en matière de recherche et d'innovation, telles que l'initiative pour les partenariats stratégiques et l'initiative pour les innovations en matière de technologies clés génériques (KET).

Le programme Horizon Europe (2021-2027), doté d'un budget de 95,5 milliards d'euros) vise à renforcer la position de l'Europe en tant qu'acteur mondial de l'innovation, en favorisant la recherche de pointe et la coopération internationale dans différents domaines d'activité, tels que la santé, l'énergie, l'environnement, la numérisation et la sécurité. Son objectif est également d'encourager l'innovation et l'entrepreneuriat en Europe, en offrant un soutien aux Start up, aux PME et aux innovateurs.

Le programme comprend 3 piliers :

- la recherche fondamentale (25 milliards d'euros)
- la recherche appliquée aux problématiques mondiales et la compétitivité industrielle européenne, 54 milliards d'euros
- et le pilier « Europe Innovante » (pour 13,5 milliard d'euros) dédié aux technologies de rupture, aux infrastructures de recherche et d'innovation et aux actions pour renforcer les écosystèmes de recherche et d'innovation en Europe. L'Institut Européen d'Innovation et de Technologie (EIT), mis en place en 2010 travaille ainsi en s'appuyant sur des « communautés de connaissance et de l'innovation » spécialisées, appelées KICs (Knowledge and Innovation Communities) qui regroupent des universités, des centres de recherche, des entreprises et les gouvernements favorisant

les partenariats public-privé. Les KICs, à l'échelle européenne, induisent des interactions fortes entre les acteurs du Triptyque en particulier au bénéfice des étudiants des programmes de Master et de doctorat de l'EIT . Même si la politique en matière de Triptyque au sein de l'Europe reste largement la prérogative des états et les réalisations affichées de l'Union sont en-deçà des ambitions collectives affichées (échec patent dans le domaine des industries numériques...), il faut souligner des évolutions importantes sur la longue durée: la création de réseaux d'échanges des universités et des centres de recherche académique permettant la mobilité des étudiants et des jeunes chercheurs, la coopération entre laboratoires et facilitant l'ouverture des frontières aux coopérations entre industriels et laboratoires académiques. Sur un plan sectoriel, elle a eu un impact palpable sur certaines industries (aéronautique...). Cette politique vieille de plus de trente ans, ambitionne de constituer un grand marché traquant les aides d'états mais n'aide pas à faire émerger de grands champions innovants face aux autres blocs comme les US et la Chine; de même que la complexité des règlements.

3.9. La France

Quelle est la place de la France dans ce large tour d'horizon ?

Toute relative, si l'on compare les 30 milliards d'euros sur 5 ans du plan France 2030 avec, par exemple, les 25 milliards de dollars de dépenses de R&D d'Apple en 2022 et les 170 milliards de dollars de dépenses de R&D annuelles des GAFAM !

Côté formation, si l'on compare en absolu le million d'ingénieurs chinois formés chaque année aux 24 000 ingénieurs français, l'écart est gigantesque et même en relatif, ramené à la population, cela correspond à un tiers de moins d'ingénieurs formés en France.

La recherche publique représente le tiers du DIRD et est répartie sur l'ensemble des domaines scientifiques.

L'industrie manufacturière, qui représentait 20% du PIB en 1975, n'atteignait pas les 10% en 2020. conséquence d'une large désindustrialisation de la

France, dans une certaine indifférence de la population, voire un soulagement, avec la disparition des contraintes associées aux usines et à une désaffection des jeunes ingénieurs pour les questions de production remise en cause aujourd'hui comme en témoigne le plan France 2030.

Il n'en reste pas moins vrai que la France bénéficie d'un patrimoine culturel et scientifique exceptionnel. Aujourd'hui, dans la crise de son Triptyque, un sous-investissement patent dans l'éducation et la formation et une désindustrialisation, la France a l'opportunité de repenser son système Recherche - Formation - Entreprise, notamment en renforçant l'attractivité des carrières scientifiques, notoirement sous payées par rapport à nos grands voisins.

La situation particulière de la recherche publique française et les différents dispositifs successivement mis en place pour améliorer l'efficacité du Triptyque surnommés « **le millefeuille** » avec pour effet une perte d'efficacité "par construction" sont détaillés dans le chapitre « L'écosystème de la recherche publique en France ».

Ce millefeuille illustre l'absence de continuité et la faible marge de manœuvre des gouvernements successifs.

Le financement de l'innovation par une BPI compétente a néanmoins sensiblement amélioré l'efficacité du Triptyque.

De même, les différents aspects du positionnement français seront développés dans les chapitres suivants.

IV

LA DYNAMIQUE DE L'ÉVOLUTION

La situation par pays présentée dans le chapitre précédent, reflète des structures et des échanges au sein d'un monde compétitif mais largement ouvert et interconnecté où les chaînes d'innovation, de valeur, logistiques pouvaient impliquer Silicon Valley, Chine, Europe... chacune avec leurs déclinaisons locales. **Ce monde est en train de changer.**

4.1. Les tendances de fond

D'un côté des tensions et rivalités qui s'accroissent se traduisent par :

- Un protectionnisme accru, une intervention plus marquée des Etats (et en Europe de l'UE).
- Un système mondial d'innovation qui tend vers plus de régionalisation : ambition d'autonomie de la Chine dans les technologies les plus avancées affichée depuis une dizaine d'années, interdiction de sociétés chinoises aux USA et ailleurs, mise de la Russie au ban des nations occidentales pour une durée indéterminée...
- Des risques accrus de conflits armés qui vont complexifier la gestion du

développement et des échanges sur les technologies duales

- Ces tendances vont s'accroître du fait des investissements pour faire face au changement climatique et à la transition énergétique - de l'ordre de 3% de PIB déplacés de la consommation des ménages aux investissements productifs qui mettront en tension toutes les sociétés

D'un autre côté un impératif de coopération qui s'impose à tous :

- les problèmes majeurs auxquels l'humanité est **collectivement** confrontée ne connaissent de frontières, ni physiques ni idéologiques : changement climatique et toutes ses conséquences, perte de biodiversité, risques de pandémies, phénomènes migratoires reflètent des inégalités planétaires, etc.
- La mondialisation, l'augmentation de la population mondiale, le vieillissement des populations des pays développés, la concentration dans les mégapoles (agglomérations de plus de 10 millions d'habitants) secouent les écosystèmes locaux maintenant en compétition les meilleurs « Hubs » de la planète (La Silicon Valley pour l'idéation, la Chine - depuis quelques années - beaucoup plus largement que pour la seule production, Taiwan pour les puces électroniques, etc...). Les questions de souveraineté et de sécurité d'approvisionnement posées par les pandémies et les tensions géopolitiques s'ajoutent au coût croissant des transports pour définir des équilibres moins marqués. Les "circuits courts", voire l'autonomie, ont la faveur du public sans être perçus comme un retour en arrière ; même si les solutions "nouvelles" sont largement celles de nos grands-parents (la marche, le vélo, le compostage, le réemploi, la durée de vie des produits...) ! **La résilience, c'est-à-dire la moindre dépendance vis à vis des différents facteurs, remet en cause l'omniprésence de l'optimisation.**
- **Le changement climatique est une réalité systémique** à l'échelle du globe terrestre qui secoue tous les écosystèmes humains qu'ils soient urbains ou ruraux. Les acteurs du Triptyque ont de toute évidence un rôle fon-

damental à jouer dans la nécessaire adaptation à ces réalités. Mais ils doivent le faire avec la conscience que les seules réponses technologiques seront insuffisantes pour faire face aux problèmes posés : cette adaptation devra être négociée avec les populations et les groupes d'intérêts concernés sous peine d'engendrer des réactions politiques contre-productives, voire incontrôlables. La dimension «Education» du Tryptique est particulièrement concernée par la formation d'élites scientifiques et techniques conscientes de toutes les dimensions de ces problèmes..

- **L'explosion numérique** qui change le mode de vie dans nos sociétés, définit les nouveaux usages et impose son rythme dans tous les secteurs. Avec les voies maritimes (standardisation des containers) et aériennes (dérégulation), elle permis la mondialisation en dématérialisant les échanges. Le digital classique laisse progressivement la place à l'Intelligence Artificielle qui change fondamentalement la donne et permet entre autres les plateformes qui intègrent les externalités (Web 3.0) et permettent l'auto adaptation locale et frugale . Mais une question reste ouverte : assisteront nous à la constitution de plusieurs «continents» numériques séparés ?
- Enfin et plus tardivement, **la prise de conscience des limites et des défis**, problèmes bien réels, mais aussi difficulté d'adaptation à ces évolutions profondes. Les progrès sont devenus des acquis même si certains les remettent en cause (la « décroissance »). Beaucoup considèrent encore que les acquis sont des acquis et qu'il faut surtout supprimer ou limiter leurs conséquences négatives sans revoir le fond. L'analyse scientifique des problèmes et des solutions à apporter compte moins dans l'opinion que les prises de position des « influenceurs » divers.

4.2. Darwinisme et écosystèmes

On qualifie souvent ce monde de « darwinien », dans lequel s'affrontent des acteurs, Etats, Régions et Entreprises au sein de marchés de dimensions mondiales. L'Innovation y est indispensable pour faire face aux mutations très rapides. Sur ces marchés, les affrontements entre entreprises se traduisent en rapports

de concurrence, de dépendance, de coopération à plusieurs niveaux, rapports constitutifs de véritables chaînes alimentaires : chaînes de l'innovation tout autant que chaînes de production.

C'est oublier un aspect important de la théorie de Darwin, qui revient maintenant dans les réflexions : ceux qui survivent ne sont pas seulement les mieux adaptés et les plus résilients mais ceux qui entretiennent un écosystème bénéfique. L'écosystème peut être constitué d'acteurs de natures différentes et pas exclusivement avec des pairs (90% des plantes vivent avec des champignons, le corps humain avec des bactéries, etc). C'est en cela que le Triptyque prend tout son sens; et même plus largement « Formation - Recherche - Entreprise » se redéfinit en « Éducation - R&I - Société », et qui peut ainsi se reproduire en se réinventant en permanence. **Ce n'est pas le plus fort qui gagne dans la durée, mais le plus agile, le plus en interaction avec son environnement**, l'alliance fait donc la force comme l'illustrent de nombreux programmes coopératifs comme « 5G Open Road » et les coopérations structurées par filière.

5G Open Road est un consortium regroupant 17 acteurs majeurs de l'industrie automobile, des opérateurs télécoms et des centres de recherche et écoles, dans le but d'accélérer le déploiement des réseaux 5G pour les véhicules connectés et autonomes. Ce projet montre le rôle critique de la maîtrise d'ouvrage ensemblière pour le bon fonctionnement du Triptyque sur un grand projet d'innovation de rupture en alignant les horizons et les temporalités des acteurs.

Un écosystème original: un labo commun comme facteur d'accélération.

L'exemple de la collaboration Safran-Valeo-PSA-Mines

Afin de résoudre le problème complexe de l'autonomie des véhicules autonomes, les industriels Safran, Valeo et Stellantis (ex-PSA) se sont alliés avec l'école Mines ParisTech pour monter la Chaire Drive4All en s'appuyant sur un laboratoire de recherche en robotique et autonomie des systèmes. Dans une phase pré-compétitive, chacun

contribue avec ses spécificités, l'aéronautique avec ses technologies de pointe, et l'automobile avec sa capacité à concevoir et produire en masse avec une très grande compétitivité économique.

Le Triptyque permet la fertilisation croisée et produit un effet de levier très important. Il s'agit dans un premier temps de faire de la recherche menant à des publications de premier rang ce qui permet d'avoir accès à des résultats scientifiques de qualité, en collaboration avec des institutions au plus haut niveau mondial (Jiao-Tong, Berkeley, EPFL).

Cette chaire, forte de ces doctorants, post-doctorants et chercheurs, a permis de mener des recherches sur les systèmes de perception, localisation, prise de décision et contrôle, avec des publications dans les plus grandes conférences en lien avec l'autonomie des systèmes.

Elle permet également d'intégrer des cultures différentes dans le développement de systèmes qui ont une dimension sociétale importante.

Ensuite, les résultats les plus intéressants sont implémentés, sur des démonstrateurs applicatifs, au sein du laboratoire commun Safran-Valeo-Stellantis qui repose sur un modèle très simple: il n'y a pas d'échange financier entre partenaires, mais une mutualisation des moyens, en s'assurant d'un juste équilibre entre chacun des contributeurs.

Enfin, ces résultats sont transférés dans le domaine d'application de l'industriel à travers des équipes de recherche et innovation internes de Valeo, Safran et Stellantis.

En plus de 10 ans, le laboratoire commun a connu un succès exemplaire. Un exemple concret de cette collaboration est la caméra thermique, technologie issue de l'aéronautique maîtrisée par Safran, que Valeo industrialise avec son expertise des productions en grande série extrêmement compétitives.

Cette collaboration permet aussi de former un vivier de jeunes ingénieurs et chercheurs dans les compétences nécessaires pour les industriels, avec un niveau extrêmement pointu. Cependant, ces talents sont difficiles à retenir, car ils sont extrêmement bien positionnés dans la compétition globale, notamment pour les GAFAM.

4.3. Évolution et cohésion des écosystèmes

Dans une époque de création-destruction schumpétérienne la notion de vitesse est essentielle. **Les trois éléments du Triptyque doivent évoluer de manière concomitante et non séquentielle ce qui peut heurter le temps propre à chaque élément du Triptyque.** Ainsi, la Recherche qui publie après avoir débattu et expérimenté pour établir des preuves scientifiques est loin de l'empirisme des « Apps » dont le succès se mesure en nombre d'utilisateurs. Beaucoup plus

long mais beaucoup plus sûr. Pourtant, ces deux régimes de création de connaissances doivent bien apprendre à cohabiter en s'enrichissant mutuellement. L'entreprise vit, elle, sur le tempo du Time to Market. Les écosystèmes les plus performants se reconfigurent en permanence pour s'adapter aux nouvelles conditions. A cet égard, l'écosystème grenoblois est remarquable par ses évolutions successives et nous a permis de dégager **4 facteurs clé de succès** qui se retrouvent dans d'autres écosystèmes performants comme Toulouse ou Sofia Antipolis:

- **un ancrage historique** du triangle Industrie Enseignement Recherche (effet boule de neige) avec souvent des personnalités marquantes qui catalysent les initiatives
- **une unité de lieu, de temps, d'action** - focalisation sur un petit nombre de technologies mais en couvrant tout le spectre de la Science, à l'expérimentation, jusqu'aux marchés applicatifs, en visant l'excellence- mutualisation des ressources entre les centres de recherche et d'enseignement et des campus d'innovation- soutien politique constant qui exprime l'adhésion de la population au modèle
- **une ouverture internationale** « Think global, act local »
- **un cadre de vie privilégié** qui renforce l'attractivité (montagne, ensoleillement)

L'écosystème d'innovation grenoblois est analysé par Suzanna Bonnetier dans le document « rapport Triptyque Grenoble » - titre provisoire - qui se lit comme une véritable « saga », ici brièvement résumé :

Dès les années 1930, les autorités locales sont proches des scientifiques avec notamment René Gosse, à la fois doyen de l'université des sciences et adjoint au maire de Grenoble. Les entreprises, développées grâce à l'hydro-électricité sont également favorables à la coopération avec le milieu universitaire A la fin des années 1940, Louis Néel, futur prix Nobel, s'installe à Grenoble, y occupe

des postes universitaires déterminants en dirigeant notamment le Laboratoire d'Essais Mécaniques qui a le soutien des industriels. L'éco-système est alors suffisamment riche pour décider le CEA à y installer le Centre d'études Nucléaire. Son service électronique deviendra le LETI. Consciente des besoins spécifiques à ces activités, l'Université développe des formations originales, comme en Mathématiques appliquées, qui feront référence.

Denis Randet, puis Jean Therme développeront de nombreux projets avec les industriels comme STMicroelectronics, Soitec, Lynred,... En 2006, Minatec réunit en même lieu tous les acteurs du Triptyque qui formeront le campus d'innovation GIANT.

Avec 30 000 personnes dans la recherche dans un rayon de 20 km, personnalités marquantes, grands centres de recherches, Université, Start up, PME, ETI et grands groupes continuent d'écrire l'histoire...

4.4. La diversité des acteurs et les processus associés

A l'intérieur même de chaque écosystème, la pluralité des acteurs fait également la richesse globale.

LA FIGURE DU CRÉATEUR-ENTREPRENEUR INDIVIDUEL ET LES START-UPS

Les start-ups modernes ont remis en vogue la figure de l'entrepreneur individuel. On pense bien sûr à Steve Jobs, Bill Gates, Elon Musk... Un mythe courant est celui du jeune inventeur de génie qui délaisse ses études pour démarrer ses activités dans un garage.

En fait, ces figures disruptives ne partent pas de rien : elles démarrent au voisinage de clusters universitaires scientifiques et technologiques pluridisciplinaires (région de Boston/MIT, Silicon Valley/Caltech, ...) de haut niveau, béné-

ficiant de financements amont en recherche fondamentale (DARPA...), dans un environnement créatif et agile riche en ressources humaines de qualité, et du capital-risque abondant. Concernant ce dernier point, il faut noter l'importance du rôle des compétences techniques au sein du monde du capital risque (qui fait par exemple la force de la région de Boston dans le domaine biomédical).

On observe la même chose en France dans les écosystèmes d'innovation comme Grenoble, Toulouse, Saclay, Nantes... au sein desquels des programmes et structures accompagnent les chercheurs désireux de devenir des entrepreneurs vers la création de leur start-up. Les chercheurs bénéficient de coaching, des opportunités de mise en réseau, d'une formation pour élaborer leur plan d'affaires et des conseils sur la propriété intellectuelle et les modes de financement).

Les spin-offs naissantes sont souvent hébergées au sein de leur organisme de recherche, école ou université d'origine, pour leur faciliter l'accès à des plateformes de fabrication et caractérisation. Elles bénéficient également des différents fonds d'amorçage nationaux et régionaux (Supernova Invest, Kréaxi...), couplés à des aides à l'innovation, généralement pilotées par Bpifrance.

Les start-ups sont clés pour dynamiser et pérenniser les écosystèmes d'innovation. Dans une démarche d'open innovation, les grands groupes ont compris l'intérêt de se rapprocher rapidement des start-ups pour anticiper les innovations de rupture dans leur industrie. Ils sont nombreux à s'être dotés de fonds d'investissement de type Corporate Venture.

Les écosystèmes fournissent donc à leurs start-ups l'accès à des compétences, ressources humaines et financements, mais aussi à un réseau de fournisseurs et clients. Ici encore, le Triptyque joue un rôle décisif. Des programmes de formation spécifiques, développés avec les entreprises locales, contribuent à alimenter le vivier des compétences dont les start-ups bénéficient pour leur accélération. La bonne connaissance mutuelle des différents acteurs facilite les échanges et contribue à l'agilité et la rapidité d'exécution des start-up, deux facteurs clé dans leur développement.

Devenir entrepreneur exige un état d'esprit différent de celui d'un ingénieur ou scientifique. Afin de consolider rapidement sa proposition de valeur pour être plus convaincant et attractif aux yeux des financeurs potentiels, l'entrepreneur doit se confronter au marché et à des clients. Tester son idée à l'aide d'un démonstrateur permet d'avoir des retours de terrain rapides pour bien comprendre le besoin et affiner son produit, afin qu'il réponde aux attentes du marché. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des start-ups deeptech, a fortiori industrielles, qui multiplient les risques (technologique, marché, industriel).

L'écosystème du Triptyque joue donc un rôle clé dans l'accompagnement et la formation des entrepreneurs et dans la création des start-ups.

LES GRANDES ENTREPRISES

Les grandes entreprises recouvrent, selon leurs produits et leurs marchés, des réalités qui peuvent varier dans leur rapport à l'innovation. Traditionnellement, les conglomérats s'appuyaient sur des grands laboratoires (ATT, General Electric, Sony, Procter&Gamble...) positionnés entre recherche fondamentale et recherche appliquée et capables de développer leurs inventions de A à Z et de les introduire sur leurs marchés. Les conglomérats, quand ils n'ont pas disparu, ont cédé la place à de très grandes entreprises spécialisées dans des domaines particuliers.

Une caractéristique de nombre de ces industries est qu'elles n'ont pas les moyens financiers ou humains, ni l'agilité et la productivité dans la mobilisation des ressources, pour suivre toutes les pistes d'innovation possibles issues de la recherche fondamentale ou dans son prolongement immédiat. Une part essentielle de leur stratégie va être de suivre ce qui se fait dans les laboratoires de recherche fondamentale et dans les start-ups de leurs écosystèmes pour être assez tôt en mesure de nouer les partenariats ou de réaliser les acquisitions des futures technologies gagnantes. Les grandes entreprises apportent ensuite des capacités d'intégration, de certification et d'industrialisation à grande échelle et l'accès au marché. Parmi les facteurs clés de leur succès, on

peut citer l'expertise interne et externe associée qui va permettre de constituer des réseaux pertinents de suivi des pistes d'innovation externe et l'agilité pour développer celles jugées prometteuses.

LES ETI

Les ETI innovantes sont souvent associées au Mittelstand allemand: des entreprises privées, de taille moyenne, souvent familiales, spécialisées sur des produits très techniques (mécanique, optique, matériaux spéciaux...) aux meilleurs niveaux de qualité et de fiabilité. Elles sont associées à un système bancaire à caractère régional dont la prospérité est directement liée au tissu d'entreprises qu'il dessert. Le Triptyque Formation - Recherche - Entreprise spécifique à cet écosystème est particulièrement efficace :

- Formation technique de haut niveau dans les universités et les hochschule bien articulée à la recherche avec une tradition forte dans l'apprentissage à tous les niveaux, y compris formation aux techniques de production.
- Réseau d'instituts de recherche appliquée Fraunhofer (67 instituts - 23000 personnes) dotés de véritables moyens.
- La vision à long terme, associée à la stabilité capitaliste et le mode de promotion des dirigeants de ces entreprises donnent à l'écosystème ainsi la capacité de « chasser en meute ». Selon des ingénieurs biculturels franco-allemands, l'absence de centralisation facilite cette solidarité de lieu. Ce qui est bon pour la région est bon pour moi. Aider une entreprise - école - labo de la région n'est donc pas purement altruiste. Par ailleurs, le système de formation est beaucoup moins élitiste qu'en France.

LES ENTREPRISES FAMILIALES

Selon l'EFB (*), les entreprises familiales représentent entre 65 et 80 % de toutes les entreprises européennes, et de 40 à 50 % de tous les emplois. Elles

sont importantes par leur contribution essentielle à l'économie, mais aussi en raison de la stabilité à long terme qu'elles apportent, de l'engagement spécifique qu'elles montrent envers les communautés locales, de la responsabilité qu'elles ressentent en tant que propriétaires et des valeurs qu'elles défendent. La caractéristique commune de ces entreprises est celle de la dimension familiale, où l'entreprise et la propriété sont étroitement liées.

En Europe, cette catégorie unique partage des traits spécifiques de gouvernance et de management :

- Réinvestissement des bénéfices de manière responsable en préférant les capitaux propres au financement par emprunt.
- Management en tant que propriétaires responsables en raison de leur stratégie à long terme envers les intérêts des parties prenantes, y compris les employés, les clients, les actionnaires et les communautés locales.
- Transmission des valeurs familiales avec un sens élevé de la responsabilité sociale.
- Préoccupation particulière pour le territoire d'implantation local ou régional.

Depuis de nombreuses années, les business schools les plus prestigieuses se sont penchées sur les spécificités du management des entreprises familiales avec la création de nombreux départements ou chaires de Family Business, à la fois pour approfondir la recherche en management mais aussi former les prochaines générations d'entrepreneurs familiaux.

Alain Bloch () notamment s'est intéressé au comportement de l'EF en période de crise et relève qu'elles font preuve d'une solidité nettement supérieure à celle des autres groupes et affichent de meilleurs résultats. Cette capacité supérieure de résistance aux crises repose sur trois concepts-clés : frugalité, ambidextrie et fiabilité. Frugalité rime avec pragmatisme pour la réalisation des prototypes notamment. L'ambidextrie, c'est **la capacité des entreprises à concilier simultanément dynamisme entrepreneurial et prudence patri-**

moniale, dans un souci de pérennité. L'innovation se veut volontairement prudente et repose sur des organisations « hautement fiables » avec des facteurs humains spécifiques: sens du collectif, lien affectif avec l'entreprise. Le développement de relations collaboratives, partenariales et durables qui permettent de partager les risques liés à l'innovation détermine leur positionnement dans le Triptyque.

V

L'ÉCOSYSTÈME DE LA RECHERCHE PUBLIQUE EN FRANCE

La France se classe au sixième ou septième rang mondial en matière de recherche (mesuré en fonction du nombre de publications scientifiques et de citations), mais se positionne entre la seizième et la vingtième place en matière d'innovation. Selon le Tableau de bord de l'Union de l'innovation édité par la Commission européenne, la France n'est pas un pays leader en matière d'innovation, mais un « suiveur ».

On attribue souvent ce décalage aux universités et les organismes de recherche publique. Les chercheurs sont perçus comme ne s'intéressant qu'à la publication de leurs articles dans des revues scientifiques. Les institutions qui les emploient sont perçues comme incapables d'encourager les scientifiques à répondre aux besoins de l'économie, et comme incompetentes lorsque, finalement, elles tentent, sous la pression, de commercialiser des découvertes universitaires.

Ces griefs sont excessifs: la compétitivité française pâtit surtout de la complexité de son système de recherche et d'innovation, de la rigidité et de la multiplicité des statuts des personnels et des règlements .

5.1. Universités, grandes écoles, organismes (dont CNRS) (EPST)

En France, les universités et les grandes écoles assurent une double mission de formation et de recherche et contribuent au développement des connaissances et des compétences des jeunes générations d'ingénieurs et de chercheurs. A leurs côtés, plusieurs organismes de recherche financés par le gouvernement, créés le plus souvent après-guerre, partagent l'essentiel de l'effort de recherche dans des structures de recherche communes.

Le plus important de ces organismes, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) couvre une grande variété de disciplines, allant des sciences physiques et biologiques aux sciences sociales et humaines. Fin 2019, le CNRS employait 11 174 chercheurs et 13 282 techniciens à titre permanent.

Le CNRS finance 1170 laboratoires de recherche, dont 98 unités propres et **1072 unités mixtes de recherche ou UMR** (où travaillent 96% de ses effectifs) partagées avec un établissement d'enseignement supérieur, un autre organisme de recherche, une fondation ou une entreprise. Le CNRS participe à leur budget et à leur dotation en personnel, parfois à leurs locaux.

La double (triple ou même plus) tutelle des UMR peut induire « des frictions », les objectifs poursuivis par chaque tutelle étant par nature différents.

Les autres organismes de recherche, plus thématiques, collaborent de façon ciblée avec les universités sur les champs de compétences qui leurs sont propres. On peut citer :

- L'Institut national de la recherche agronomique (INRAE, 11 500 agents) concentre ses recherches dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement.
- L'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) en médecine, en biologie et en santé publique.

- L'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA).

Le laboratoire de recherche (UMR le plus souvent) est le cadre le plus immédiat de la vie scientifique, permettant à des chercheurs et enseignants chercheurs travaillant sur des problématiques voisines d'interagir ou encore de côtoyer les disciplines voisines.

La qualité des travaux d'un chercheur, d'une équipe, dans la communauté nationale ou internationale est principalement évaluée par son impact en termes de publications, très peu malheureusement par leur potentiel de transfert et de valorisation vers l'économie ou la société.

Le laboratoire au sein des universités est aussi un lieu d'interaction privilégié de la recherche avec la formation. Les enseignants-chercheurs, dans leur mission d'enseignement, préparent les étudiants à une vie professionnelle dans leur domaine de prédilection, mais ils alimentent également les laboratoires avec les meilleurs talents. Il y a pratiquement un doctorant ou post-doctorant par chercheur dans les UMR et de très nombreux étudiants effectuent des stages de master dans les laboratoires pour s'initier à la recherche. **Ce brassage de générations et de compétences est un atout indéniable** pour stimuler la recherche publique et augmenter la « force de frappe » des laboratoires.

En revanche, la principale source de complexité du système vient du fait que la plupart des personnels ne sont pas payés par l'unité de recherche elle-même, mais par des organismes extérieurs (universités, agences de financement de la recherche) qui vont laisser plus ou moins de latitude à l'unité de recherche dans ses orientations et ses recrutements et induire des lourdeurs administratives qui impactent quotidiennement la vie des chercheurs.

La gestion des contrats de recherche donne également très souvent lieu à des négociations âpres entre tutelles. Les processus et les modes de gestion, différents d'une tutelle à l'autre, sont loin de simplifier la vie des chercheurs et le fonctionnement d'un laboratoire. Ils induisent une **perte d'efficacité** et de temps importante dans la conduite des programmes de recherche et sont **un**

frein dans les relations avec les industriels.

Dans la politique de transfert et de valorisation chaque tutelle universitaire, le CNRS, et parfois l'INSERM, l'INRAE ou l'INRIA a un potentiel droit de veto. Dès qu'une entreprise souhaite poursuivre un partenariat avec un laboratoire avec trois ou quatre de ces tutelles, elle sait que **les négociations seront longues et certainement conflictuelles.**

De même, l'octroi de licences et la maturation de la recherche sont utiles à l'économie lorsqu'elles s'intègrent dans ce réseau de connexions productives – mais bien souvent elles ne sont qu'une source modérément rémunératrice pour l'université. Offrir la possibilité de partager le risque (Risk sharing) entre le labo et l'entreprise, c'est à dire de ne pas demander un paiement au début de l'étude, à un moment où le risque est fort et le marché non établi, donc où il est difficile pour l'entreprise de s'engager sur un montant élevé, mais plutôt négocier une rémunération sur les ventes à venir en cas de succès peut être une démarche intéressante pour les deux parties.

Pour beaucoup, la promesse d'un guichet unique constitue un réel point d'amélioration du système.

Le principe a déjà été mis sur la table mais les transformations sont lentes et le débat reste ouvert.

Le cheminement d'une découverte, le CRISPR-Cas9

En 2020, Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna se sont vu attribuer le Prix Nobel de Chimie pour la découverte de la technologie de génie génétique CRISPR-Cas9. Ce « ciseau de l'ADN » est une technologie précise, simple et rapide de mise en œuvre et polyvalente qui permet l'édition du génome de nombreuses cellules et organismes, dont l'ADN humain. L'histoire de cette découverte, est riche d'enseignements :

Le prix Nobel attribué à deux femmes scientifiques. Selon E. Charpentier, « le fait que le prix Nobel soit remis cette année à deux femmes devrait donc permettre à certaines jeunes filles de considérer la recherche » ;

La coopération entre ces deux chercheuses travaillant dans des pays différents à 10 000 km de distance a été initiée à leur seule initiative, en vue d'un objectif très précis sur la base du constat de leur profils scientifiques parfaitement complémentaires.

En 2011, E. Charpentier, docteur UPMC/Institut Pasteur (1995) est professeure à l'université d'Umeå en Suède. A l'occasion d'un congrès, elle approche J. Doudna, PhD d'Harvard en biochimie, professeure à UC Berkeley. Leur coopération conduit à une nouvelle technique d'édition très performante de l'ADN.

- C'est une coopération brève et intense. Elle démarre en 2011 pour aboutir à la publication dans la revue Science en juin 2012 d'un article d'une portée immense. E. Charpentier: «It was important to be fast.»
- E. Charpentier se présente comme une «chercheuse mobile»: en 25 ans elle a vécu dans 5 pays, 7 villes et 10 laboratoires. «*Je me suis toujours mis dans une position assez risquée, où il fallait tout reconsidérer, soi-même, ses équipes, ses projets...*» «...[It] has been very rewarding for me personally, to develop my personality as a scientist.»
- Sur les moyens, commente un éditeur : «Charpentier's achievements stem from her ability to navigate a convoluted funding landscape.»
- Sur sa vision des rapports entre science et innovation: «*Il est devenu clair pour moi que la science fondamentale est au cœur de tout.*» «Crisp-Cas9 n'est pas une découverte que j'avais délibérément planifiée, même si elle reflète mon cheminement ». Elle cite Louis Pasteur : «*Dans les sciences de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés.*»

5.2. Les EPIC (dont le CEA)

Le tissu de recherche français est complété par plusieurs établissements publics qui développent des activités de transfert et valorisation, en regard direct avec des activités industrielles et commerciales de secteurs d'activité sensibles dont le fonctionnement est essentiel pour l'état.

Dans le domaine des sciences et technologies, on peut citer les organismes qui sont (ou ont été) labellisés Institut Carnot :

- Le CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives ;
- L'IFREMER : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer ;
- Le BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières. C'est le service géologique national français qui applique les sciences de la Terre à la ges-

tions des ressources et risques du sol et du sous-sol.

- Le CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
- ONERA : Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales
- IFPEN : ex-Institut Français du Pétrole, aujourd'hui IFP Energies Nouvelles

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) intervient dans quatre grands domaines : les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), les technologies pour l'information, les technologies pour la santé et la défense et sécurité globales. Le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence et assure un rôle de soutien à l'industrie.

Sous l'impulsion de Jean Therme, la Direction de la Recherche Technologique, une des quatre directions opérationnelles du CEA, dispose d'une offre très large de technologies génériques issues notamment des trois instituts de recherche technologique du CEA labellisées Carnot, à savoir, le Leti, le List et le Liten, mais aussi des autres directions opérationnelles du CEA.

Pour le CEA, dans un contexte international très compétitif, ce qui se joue, c'est le maintien de la compétitivité de l'activité économique et le leadership scientifique et technologique donnant l'accès aux financements publics nationaux et européens et attirant les partenariats, et les implantations des compagnies industrielles en France.

Pour exemple, Minatec à Grenoble (voir le § correspondant) rassemble et fédère en un lieu unique différents acteurs du secteur des nanotechnologies intervenant dans le domaine de la recherche, de l'enseignement et de l'industrie, et représente une réponse aux nouveaux défis de la compétitivité en termes d'emplois publics et privés, de production scientifique (publications), de brevets, de création et d'implantation de firmes. Le CEA se positionne ainsi comme un RTO au sens de l'Eu-

rope (voir le § correspondant), dans un tissu d'interactions entre acteurs régionaux, nationaux et internationaux et est un des acteurs clefs dans les programmes et les financements communautaires . Le RTO est donc pris comme un modèle d'efficacité du Triptyque.

Politique de valorisation du CEA

La stratégie de valorisation du CEA s'appuie sur le dépôt de brevets pour offrir aux partenaires industriels un portefeuille de propriété intellectuelle maîtrisé assurant un avantage compétitif. Le partenariat en amont avec les industriels, au plus près de leurs besoins, permet d'exploiter ensuite efficacement ce portefeuille. Une vingtaine d'ingénieurs brevets, pour la moitié mandataires européens, accompagne les chercheurs pendant la création, le dépôt et la gestion des brevets, garantissant à la fois la qualité et l'efficacité du processus de dépôt.

Le CEA est le premier organisme de recherche déposant de brevets en France, avec plus de 7 000 familles de brevets actives et environ 700 brevets déposés par an, et figure depuis 11 années consécutives dans le top 100 mondial des innovateurs, selon le classement Clarivate.

Le CEA a également professionnalisé l'accompagnement de la valorisation. Aux côtés des chercheurs, des chargés d'affaires réalisent des études des marchés visés par les technologies que l'organisme développe et des programmes d'essai. Enfin, pour être au plus près des PME et du tissu industriel en général, le CEA déploie dans plusieurs régions de France des plateformes régionales CEATech ainsi que des showrooms dans lesquels des industriels peuvent appréhender les technologies du CEA dans le contexte de leur propre activité de production.

5.3. Les centres techniques industriels (CTI)

L'action des centres techniques industriels (CTI) porte principalement sur la mutualisation de moyens et de compétences au profit des TPE et PME industrielles, sur la transformation des entreprises et l'anticipation des évolutions du marché.

Le tissu industriel national repose largement sur plus de 25 000 PME et ETI, qui doivent faire face aux transitions majeures, vers une industrie moins carbonée et plus circulaire, et à la transformation vers l'industrie du futur. Face à ces mutations, les CTI accompagnent le tissu industriel, en particulier les

PME, pour innover, pour acquérir la maîtrise des technologies numériques ou robotiques, pour se développer et/ou pour s'internationaliser.

Le modèle mixte des Centres Techniques, alliant recherche collaborative, qui donne accès à la technologie à un très grand nombre d'ETI / PME et recherche privée qui permet de rester à la pointe dans les conditions de marché **est particulièrement efficace**, notamment en matière d'industrialisation, de contrôle qualité, etc. Il favorise en outre le rapprochement entre Grands Groupes et plus petites structures en créant une filière technologique commune.

Parmi les 12 centres techniques industriels (CTI) on peut citer le Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM), le Centre technique du papier (CTP) ou encore l'Institut technologique Forêt-Cellulose-Construction-Ameublement (FCBA), tous labellisés dans un Institut Carnot et tous engagés vers l'industrie du futur et une économie circulaire et durable.

VI

LES DISPOSITIFS D'INTERFACE ET DE TRANSFERT (PARTENARIATS) ENTRE LA RECHERCHE ACADÉMIQUE ET LES ENTREPRENEURS

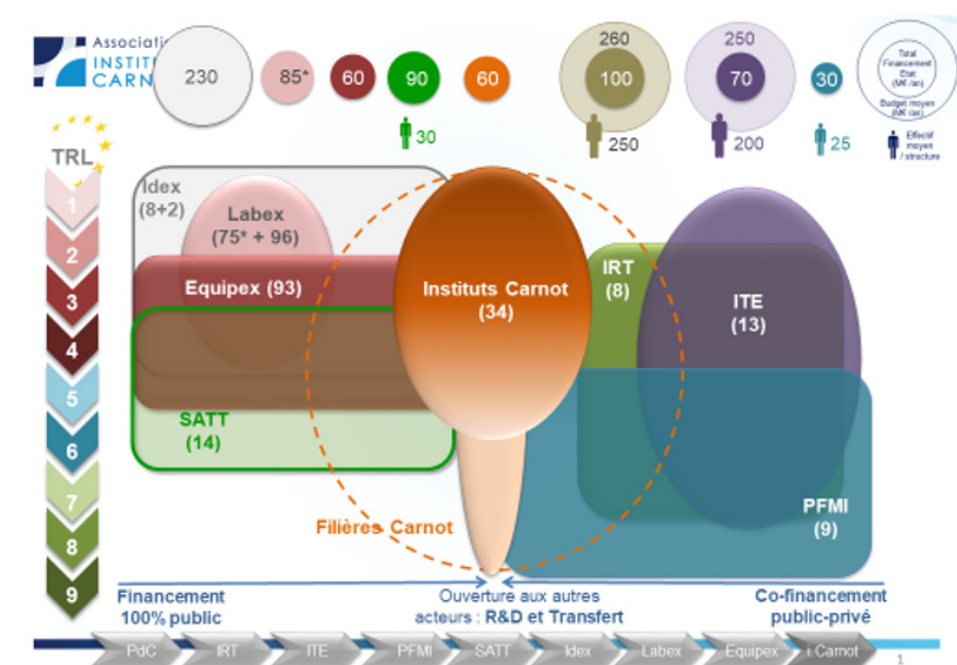
Les programmes de réformes de l'écosystème d'innovation de ces 15 dernières années ont été conçus dans le but de corriger d'aider la communauté scientifique universitaire à tisser des liens avec les entreprises et de renforcer le triptyque formation-recherche-entreprise en s'inspirant des initiatives prises à l'échelle européenne ou des exemples internationaux. Les efforts de réforme se sont essentiellement concentrés sur la **création d'institutions de transfert de technologies**. A la suite des rapports Juppé /Rocard (*Investir pour l'avenir - Priorités stratégiques d'investissement et emprunt national*, 2009) et Beylat/Tambourin (*L'innovation un enjeu majeur pour la France - Dynamiser la croissance des entreprises innovantes*, 2013), le soutien public à l'innovation a connu des changements importants qui ont façonné l'écosystème français tel qu'il apparaît aujourd'hui : priorité accordée au soutien des dépenses de recherche et d'innovation des entreprises, montée en régime du crédit d'impôt recherche (CIR), développement des instruments de financement des entreprises avec la création de Bpifrance en 2012 et lancement du premier plan d'investissement

d'avenir (PIA) par la loi de finances rectificative de 2010.

Les politiques publiques de soutien à l'innovation qui ont été développées visent à intensifier les partenariats entre la recherche publique et les entreprises et à assurer le transfert de technologies. **Il existe plus de 60 dispositifs de recherche partenariale répertoriés**, dont les 54 pôles de compétitivité, les 13 sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT), les 39 Instituts Carnot, les 8 instituts de recherche technologique (IRT), les 8 Instituts pour la Transition Energétique (ITE), les 60 centres de ressources technologiques (CRT), les 15 cellules de diffusion technologique (CDT),...

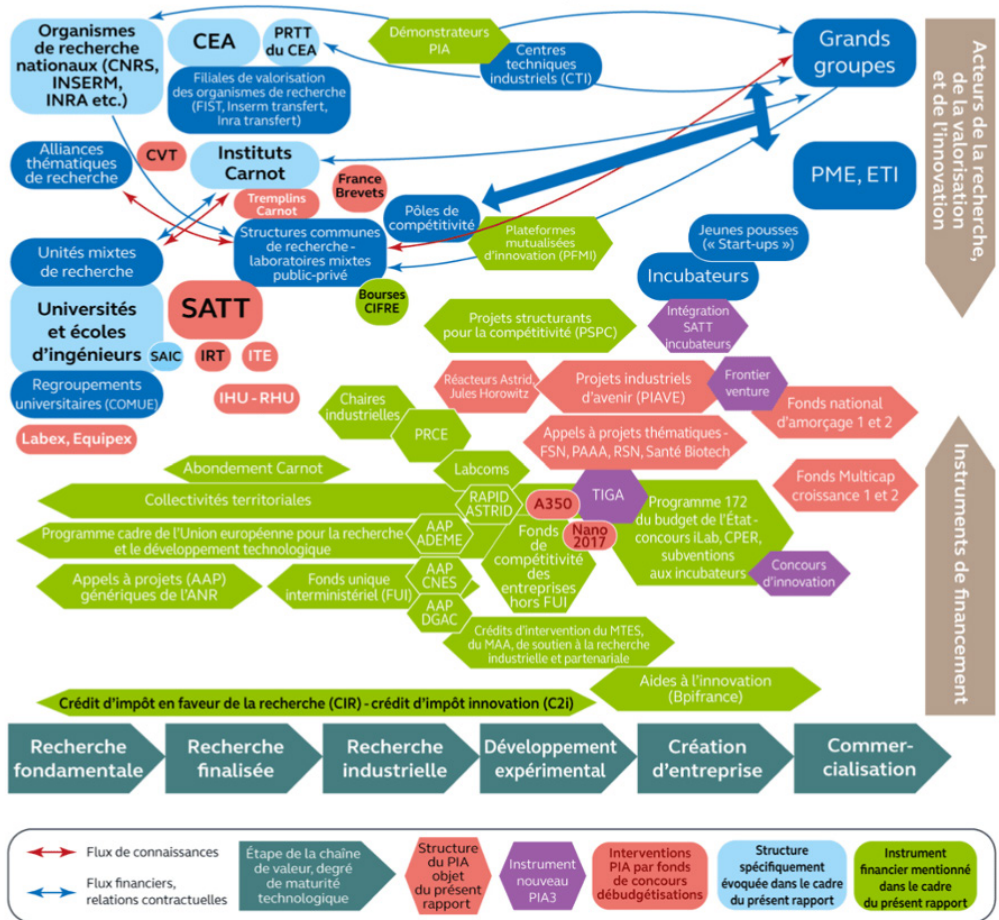
Les conventions industrielles de formation par la recherche (CIFRE) permettent également aux entreprises de bénéficier d'une aide financière pour embaucher un doctorant dont les travaux de recherche sont susceptibles d'être valorisés.

Tous ces outils ont été fondés pour faire le pont entre les organismes de recherche publique (IDEX, Labex, Equipex) et les entreprises. **À chaque réforme, de nouvelles institutions se sont empilées sur les anciennes.**



Si on y adjoint les autres acteurs publics de cet écosystème, on ajoute de la confusion à l'incompréhension globale de cette ruche : ADEME, BPI, CIRAD, DGE, DGA, DRRT, INRAE, MAAF, MESRI, MINEFI, sans oublier les collectivités territoriales et locales (Région, communauté de communes...).

Un rapide recensement permet de comptabiliser pas moins de 375 structures œuvrant pour le développement technico-économique du tissu industriel français... (voir le schéma ci-dessous issue du « Panorama 2020 du TTI AFCRT »). Les structures qui semblent s'inscrire aujourd'hui de façon pérenne dans le paysage de la R&D&I financées par le PIA sont les SATT, les IRT et ITE, les instituts Carnot et les pôles de compétitivité.



6.1. Les Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT)

Il s'agit de Sociétés par Actions Simplifiées créées par un ou plusieurs établissements de recherche publique et chargées d'assurer l'interface entre les laboratoires publics et les entreprises sur un territoire donné. Elles ont vocation à regrouper l'ensemble des équipes de valorisation de sites universitaires et à mettre fin au morcellement des structures pour améliorer significativement l'efficacité du transfert de technologies et la valeur économique créée.

Les 14 SATT, <https://www.satt.fr/le-reseau-satt/>, à travers un investissement en maturation technologique sur les résultats des laboratoires, poursuivent également l'objectif de professionnaliser les acteurs du domaine par le développement de compétences de haut-niveau dans le domaine du licensing et de la propriété intellectuelle

6.2. Les Instituts de Recherche Technologique (IRT)

Il s'agit d'instituts thématiques qui rassemblent les compétences de recherche et de développement de l'industrie et de la recherche publique. Leur objectif est de renforcer, d'une part la compétitivité par la recherche industrielle dans des filières technologiques stratégiques et, d'autre part, la structuration d'écosystèmes puissants et performants d'innovation et de croissance autour de pôles de compétitivité, en intégrant dans une même structure les acteurs publics et privés.

Les IRT organisent et pilotent des activités de recherche technologique orientées « marché » et répondant aux besoins des entreprises. Ils renforcent l'écosystème local d'innovation ainsi que le triangle formation-recherche-innovation sur quelques domaines français d'excellence. Ils apportent également leur soutien aux pôles de compétitivité.

6.3. Les Instituts de la Transition Énergétique (ITE)

Ce sont, à l'instar des IRT, des structures de partenariat entre des acteurs publics de recherche et des industriels. Leur domaine d'activité est limité aux « filières énergétiques porteuses d'avenir ayant un impact positif sur les émissions de gaz carbonique ». Depuis mars 2015, les IRT/ITE sont regroupés au sein d'un Réseau : French Institutes of Technology (FIT).

6.4. Le label CARNOT et les Instituts CARNOT

Le label CARNOT a été créé en 2006 afin de doter de moyens supplémentaires les structures de recherche publique qui réalisent une part importante de leurs activités en relation avec des entreprises. 39 instituts (ou structures équivalentes) ont été labellisés « CARNOT » suite au dernier appel à candidatures de 2019.

Le dispositif CARNOT a pour objectif de favoriser l'apport de compétences scientifiques et technologiques issues de la recherche publique au tissu industriel par la signature de contrats de recherche et de promouvoir la fertilisation croisée entre laboratoires et entreprises.

Le label CARNOT a pour cible les entités qui placent la recherche contractuelle au cœur de leur stratégie. Celles-ci doivent remplir de manière stricte un ensemble de critères permettant de leur attribuer un label attestant de leur capacité à répondre aux demandes des entreprises et leur donnant de la visibilité auprès de ces dernières.

Les CARNOT ont réalisé en 2021 un chiffre d'affaires avec les entreprises de 600 M€ : 55% de la R&D financée par les entreprises à la recherche publique est confiée au réseau des CARNOT, soit 11 000 contrats dont 40% avec PME/ETI. La même année, les Instituts CARNOT ont déposé 1 150 demandes de brevets prioritaires. Ils ont également généré 100 start-ups.

Afin de créer une véritable dynamique de fonctionnement, faire jouer les synergies et tirer pleinement parti de leur engagement commun en faveur de la recherche partenariale et de l'innovation des entreprises, les CARNOT sont membres (au travers de leurs établissements de tutelle) de l'Association des instituts CARNOT (AiCarnot). Elle fédère l'ensemble des CARNOT et a en charge l'animation et la structuration du réseau, pour promouvoir le réseau auprès des entreprises, valoriser et défendre le dispositif vis-à-vis des décideurs et des tutelles, stimuler le réseau pour démontrer et exploiter la force du collectif.

6.5. Les Pôles de Compétitivité

Dans le cadre du lancement d'une nouvelle phase de la politique des pôles de compétitivité, l'État a souhaité poursuivre une politique active de cofinancement des projets de recherche et développement collaboratifs, en association étroite avec les collectivités territoriales, qui cofinancent les projets retenus.

Les 56 pôles de compétitivité, qui maillent de façon étroite le territoire ne sont pas des opérateurs de recherche ; ils ont pour vocation de fédérer les acteurs de l'innovation sur tous les territoires pour la croissance des entreprises et la création d'emplois.

6.6. Les nouveaux dispositifs de financement de la recherche partenariale

Les programmes d'investissement d'avenir (PIA) ont accéléré et massifié le soutien public à l'innovation en France. En dix ans, les premiers PIA ont déjà mobilisé 57 milliards d'euros de dotations budgétaires en faveur du soutien à l'innovation autour des grandes priorités définies dans le rapport Juppé-Rocard : la recherche et l'enseignement supérieur, les sciences du vivant, le développement des PME innovantes, la transition numérique et la transition écologique, en particulier dans les secteurs des transports et du logement.

Depuis 2021, à la lumière des enseignements tirés de la crise de la Covid-19 et de ses conséquences économiques, le PIA 4 et le plan d'investissement France 2030 ont opéré un changement de paradigme puisqu'ils « ont établi une doctrine d'investissement nouvelle consistant à concentrer l'effort public sur un nombre limité de secteurs et technologies essentiels dans l'indépendance et la prospérité à long terme de la France ».

Ce sont 54 milliards d'euros d'investissements supplémentaires qui seront engagés, dont 40,5 milliards d'euros pour le « volet dirigé », visant à soutenir des filières économiques identifiées comme stratégiques et prioritaires, et 13,5 milliards d'euros pour le « volet structurel » afin de soutenir le financement du triptyque de la recherche, de l'enseignement supérieur et de la valorisation. À ces différentes aides de l'État, il faut également ajouter les aides versées par les régions et l'Union européenne.

Le déploiement de tous ces programmes passe par des opérateurs Ministères, ANR , ADEME... organismes, qui en assurent la mise en œuvre à travers des appels à projets, le suivi et à priori l'évaluation..

Outre les projets collaboratifs qui activent les interfaces entre les acteurs de la formation, de la recherche et de l'entreprise, un ensemble de dispositifs individuels permet rendre les frontières poreuses entre les différents acteurs du triptyque : : CIFRE, chaire industrielles, etc.

La circulation de l'intelligence par la mobilité des chercheurs entre laboratoires et entreprises est essentielle, notamment pour l'évolution de la culture de l'innovation

Au final, les initiatives « vertueuses » s'empilent au sein d'un mille-feuille français organisationnel et juridique des dispositifs de recherche, d'aide à l'innovation et de formation qui multiplie les strates administratives de gestion et fragmente les ressources et les énergies **avec pour effet une perte d'efficacité « par construction »**.

VII

LES SPÉCIFICITÉS DU SYSTÈME DE FORMATION FRANÇAIS

La circulation des personnes qui a accompagné la mondialisation a créé au niveau mondial un « marché » de l'éducation supérieure et de la formation à la recherche hiérarchisé. A un premier niveau, des établissements universitaires d'élite au cœur des écosystèmes de recherche et d'innovation drainent les meilleurs professeurs chercheurs, étudiants ainsi que des fonds très importants d'origine étatique ou privé (Harvard, MIT, Stanford, Cambridge....). Depuis la Seconde Guerre mondiale, les USA, "société refuge", et leurs universités ont un pouvoir attractif dont la science et plus généralement la société américaine ont largement bénéficié. A un deuxième niveau, on observe aussi le développement d'un "business" de l'éducation supérieure : il s'agit d'attirer dans des cursus payants des étudiants du monde entier qui en ont les moyens, pour contribuer au financement des établissements. Enfin, il y a des établissements de vocation plus locale : nationale ou régionale dont la moindre notoriété n'est pas un obstacle à l'excellence.

Dans ce contexte mondialisé, **le système d'enseignement supérieur français se distingue historiquement par la coupure entre Université** (les arts "libéraux" et les sciences fondamentales) **et Grandes Ecoles** (les sciences appliquées avec une visée généraliste ou spécialisée selon les cas) avec une organisation des cursus différente entre les deux filières. Concrètement cela se

traduit par des Écoles d'ingénieurs françaises de petite taille et donc de faible visibilité au niveau mondial et des laboratoires qui, là encore, sauf exceptions prestigieuses, n'ont pas une taille critique au niveau mondial.

7.1. Grandes écoles généralistes

Le diplôme d'ingénieur à la française est généralement très estimé. Il est considéré comme l'équivalent d'un "Master of Sciences" (5 années d'université) ailleurs qu'en France. Son caractère pluridisciplinaire permet d'accéder à des postes de direction de grands programmes mais il est insuffisamment légitime pour prétendre à piloter des politiques de R&T ou de R&D de grandes organisations.

7.2. Écoles scientifiques spécialisées

Les meilleures Écoles d'ingénieurs françaises sont en concurrence avec les départements d'engineering des universités américaines, susceptibles d'attirer les meilleurs étudiants au niveau mondial dans leur spécialité, comme par exemple de Georgia Tech ou de University of Cranfield en aéronautique en concurrence directe avec Supaéro.

Citons quelques critères pour apprécier leur positionnement "peer to peer": dotation financière, rémunération des enseignants chercheurs, liberté académique et qualité de publication, lien à l'entrepreneuriat, vivier d'étudiants en master, nombre de PhD, montant des budgets alloués à la Recherche,...

Pour éviter la marginalisation, c'est à dire atteindre une visibilité internationale et attirer les meilleurs, les écoles d'ingénieurs françaises doivent s'inscrire dans des écosystèmes plus larges, notamment universitaires, permettant d'appuyer la formation sur une recherche de grande qualité tout en restant à l'écoute des besoins des entreprises et de la société. Cette recherche de synergie doit se faire sans sectarisme, dans le respect des histoires et des identités des établissements.

Cette intégration est particulièrement difficile en France, notamment à cause des différences de statuts et de rémunération, et à l'absence de perméabilité entre les différents cursus.

Mais ce positionnement historique fait face à **une dégradation sans précédent du système d'enseignement supérieur** et, en général, à une désaffection croissante et dramatique des jeunes générations pour les carrières scientifiques. L'éviction des talents féminins dès le lycée est inacceptable.

L'effort déjà engagé mais de trop faible ampleur sur l'apprentissage de l'entrepreneuriat dans l'enseignement supérieur, dont les diplômés sont naturellement le premier vivier de créateurs d'entreprises innovantes doit être renforcé et pleinement intégré dans le cursus, y compris dans les écoles doctorales. Parmi les bonnes pratiques: témoignages d'anciens élèves ayant fondé leur entreprise, jeux d'entreprise ou de montage de projet entrepreneuriaux, stage de fin d'études ou la fin de la thèse qui doivent pouvoir se transformer en projet entrepreneurial. (voir ce qui se fait dans les KIC/EIT), ...

Une attention toute particulière doit être consacrée à favoriser la mobilité étudiante (ERASMUS, ERASMUS+, etc), source d'un enrichissement des compétences dans un contexte international et à attirer la venue de talents d'exception venant de l'étranger, source de fertilisation du tissu économique national.

La formation STEM aux Etats-Unis

La main-d'œuvre américaine en science, technologie, ingénierie et mathématiques (STEM) représente 23 % de la population active totale des États-Unis, implique des travailleurs à tous les niveaux d'éducation et comprend des proportions plus élevées d'hommes, de Blancs, d'Asiatiques et de travailleurs nés à l'étranger que proportions de ces groupes dans la population américaine.

Les disparités dans l'enseignement STEM de la maternelle à la 12e année et les performances des élèves entre les catégories démographiques et socio-économiques et les régions géographiques sont des défis pour le système d'enseignement STEM américain, tout comme l'accessibilité financière de l'enseignement supérieur.

Les États-Unis décernent le plus de doctorats S&E au monde. Parmi les doctorants S&E

aux États-Unis, une grande partie sont internationaux et plus de la moitié des doctorats dans les domaines de l'économie, de l'informatique, de l'ingénierie, des mathématiques et des statistiques sont décernés à des étudiants internationaux.

Le gouvernement fédéral finance pour moitié la R&D effectuée par les établissements d'enseignement supérieur mais cette proportion a diminué depuis 2010 dans tous les secteurs et dans tous les types de recherche - développement fondamental, appliqué et expérimental ce qui pourrait limiter la capacité des États-Unis à effectuer de la R&D et à développer une main-d'œuvre STEM suffisamment experte.

La main-d'œuvre STEM aux États-Unis, ceux qui occupent des emplois qui nécessitent généralement des connaissances et des compétences en S&E, est importante :

16 millions de travailleurs titulaires d'au moins un baccalauréat et près de 20 millions de travailleurs de la main-d'œuvre technique qualifiée (STW) qui n'ont pas de baccalauréat.

ANNEXES

Annexe 1 : lettre de mission



Paris, le 20 décembre 2021

Lettre de mission
au binôme, Guillaume Devauchelle et Philippe Véron, afin d'animer un groupe de réflexion sur le thème
« Amélioration de l'efficacité du triptyque formation-recherche-entreprise »

Cher Guillaume, cher Philippe,

L'innovation a toujours été un moteur essentiel du développement industriel.

De façon encore plus amplifiée ces dernières années, la rapidité de transmission entre recherche, création de connaissances et réalisation de produits et de services innovants est un avantage différenciant pour la croissance industrielle dans les secteurs les plus concurrentiels.

Les filières françaises de formation des ingénieurs ne favorisent pas toujours la fluidité des échanges entre le monde de la recherche et celui de l'entreprise, pourtant de plus en plus nécessaires au développement économique.

Il est donc apparu légitime de vous confier la mission d'animer un groupe de réflexion afin d'élaborer des recommandations portant sur l'amélioration de l'efficacité du triptyque formation-recherche-entreprise en France en vue de développer la croissance industrielle par la valorisation de la recherche fondamentale.

En partant des attentes de chaque acteur de ce triptyque, le groupe pourra notamment :

- *Caractériser la situation actuelle en France par une étude bibliographique et des entretiens, en analysant en particulier, les parcours de formation initiale et continue, les trajectoires professionnelles ainsi que les liens existants entre les acteurs ou institutions de la recherche fondamentale, de la recherche appliquée et de l'innovation industrielle.*
- *Comparer les modes de fonctionnement français et étrangers (Allemagne, Suisse et USA par exemple) et leurs résultats selon des indicateurs pertinents : nombre de brevets, de start-ups et licornes, réussite industrielle ...*
- *Cerner les enjeux, éclairer les choix futurs, suggérer des priorités pour l'évolution de l'enseignement supérieur, du monde de la recherche et des acteurs de l'entreprise.*

Le groupe de réflexion sera constitué de volontaires cooptés par vous, personnalités externes et membres de la communauté Arts et Métiers.

Un premier ensemble de recommandations devrait idéalement être présenté au printemps prochain, en vue de la publication d'un rapport à l'horizon de l'été 2022.

Le groupe de réflexion est libre de choisir ses méthodes de travail et les moyens requis pour la mission dans l'esprit de prospective, de créativité et d'agilité qui est celui du Think Tank Arts et Métiers.

Pour mener à bien vos travaux, vous êtes assurés du soutien du Conseil d'Orientation et de l'accès le plus large à la communauté Arts et Métiers.

Pour le Conseil d'Orientation, le Président,
Pierre MEYNARD

Annexe 2 : Acteurs du groupe de travail

Les travaux ont été copilotés par :

- [Guillaume DEVAUCHELLE](#), membre de l'Académie des Technologies
- [Philippe VERON](#), Président de l'Association des Instituts Carnot

Les autres membres du groupe de réflexion sont :

- Eric BACHELET, Ancien directeur général adjoint, recherche et technologie du groupe Safran.
- Susana BONNETIER, Adjointe à la Direction de l'institut Carnot CEA-Leti
- [André-Benoît de JAEGERE](#), Executive Senior Advisor Capgemini
- Antoine LAFAY, Directeur R&D chez Valéo
- François WEISS, Directeur de Recherche CNRS émérite