

Christophe Strobel

Le soutien public à l'innovation

Christophe Strobel, *Le soutien public à l'innovation*, Paris, Presses des Mines, collection Économie et gestion, 2023.

© Presses des MINES – TRANSVALOR,
60, boulevard Saint-Michel – 75272 Paris Cedex 06 – France
presses@minesparis.psl.eu
www.pressedesmines.com

Couverture : Pixabay

ISBN : 978-2-38542-411-4

Dépôt légal 2023
Achevé d'imprimer en 2023 (Paris)

Cette publication a bénéficié du soutien de l'Institut Carnot M.I.N.E.S.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution réservés pour tous les pays.

LE SOUTIEN PUBLIC À L'INNOVATION

Collection Économie et Gestion

Dans la même collection :

- Rachelle Belinga, *Responsabiliser les actionnaires*
Charlotte Demonsant, Armand Hatchuel,
Kevin Levillain, et Blanche Segrestin,
Le changement climatique comme péril commun
Régis Martineau, *Anatomie des outils de gestion*
Rafael Cavalcante, Caroline Jobin,
Frédéric Kletz *Crise Covid et agilité du système de
santé Témoignages et regards croisés - tome II*
Thierry Weil, *Imitation to read James G. March*
Aurélien Portelli et Franck Guarnieri, *L'accident
de Fukushima, Le Premier ministre du Japon face à la
crise nucléaire*
Isabelle Aubert, Caroline Jobin, et Frédéric
Kletz *Crise Covid et organisation du système de santé*
Philippe Mustar, *L'entrepreneuriat en action*
Samuel Klebaner, *Normes environnementales
européennes et stratégies des constructeurs automobiles*
Amiel Kornel, *Naviguer à vue*
Charlotte Krychowski, *Business models en e-santé*
Philippe Mustar, *L'entrepreneuriat en action*
Kevin Levillain, Blanche Segrestin, Armand
Hatchuel, et Stéphane Vernac, *Entreprises,
Responsabilités et Civilisations.*
Alain Schnapper et Simon Tamayo,
*Machine Learning et Supply Chain : révolution ou effet
de mode ?*
Philippe Schäfer, *La fabrique de la responsabilité
sociale de l'entreprise*
Benoît Demil (Dir.), *Business models et trajectoires
stratégiques à l'ère digitale*
Helen Michaux, *Responsabiliser pour transformer :
des déchets aux mines urbaines*
Blanche Segrestin, Kevin Levillain, *La mission de
l'entreprise responsable*
Pierre-Noël Giraud, *Économie des phosphates*
Sophie Hooge et Roland Stasia, *Performance de la
R&D et de l'innovation.*
Jamal Azizi, Pierre-Noël Giraud, Timothée
Ollivier, Paul-Hervé Tamokoué Kamga, *Richesses
de la nature et pauvreté des nations.*
Olivier Baly, Léo Cazin, Jane Despatin, Frédéric
Kletz, Elvira Periac, *Management hospitalier et
territoires : les nouveaux défis.*
Blanche Segrestin, Kevin Levillain, Stéphane
Vernac, Armand Hatchuel, *La « Société à Objet
Social Étendu ».*
Sebastien Gand Sebastien, Léonie Hénaut, Jean-
Claude Sardas, *Aider les proches aidants.*
Laurent Bami, Sébastien Damart, Mathieu
Detchessahar, Michel Devigne, Johanna Habib,
Frédéric Kletz, Cathy Krohmer, *L'absentéisme des
personnels soignants à l'hôpital, Comprendre et agir.*
Rebecca Pinheiro-Croisel, *Urbanisme durable.*
Yves Barlette, Daniel Bonnet Daniel, Michel
Planté Michel, Pierre-Michel Riccio, *Impact des
réseaux numériques dans les organisations.*
Marine Agogué, *L'innovation orpheline.*
Albert David, Armand Hatchuel,
Romain Laufer (coord.), *New Foundations of
Management Research.*
Marine Agogué, Frédéric Arnoux, Ingi Brown,
Sophie Hooge, *Introduction à la conception innovante.
Éléments théoriques et pratiques de la théorie C-K.*
Albert David, Armand Hatchuel,
Romain Laufer (coord.), *Les Nouvelles fondations
des sciences de gestion.*
Pierre-Michel Riccio, Daniel Bonnet,
TIC et innovation organisationnelle.
Serge Agostinelli, Dominique Augéy, Frédéric
Laurie (Coord.), *Entre communautés et mobilité :
une approche interdisciplinaire des médias.*

Christophe Strobel

LE SOUTIEN PUBLIC À L'INNOVATION

Table des matières

PRÉFACE.....	11
INTRODUCTION.....	13
LES JUSTIFICATIONS ÉCONOMIQUES.....	17
Définition	17
Le cadre conceptuel apporté par les théories de croissance endogène.....	21
Taxonomie des interventions	24
Le renouveau des interventions dirigées.....	27
Un soutien spécifique à l'innovation de rupture: la DARPA	32
LE POSITIONNEMENT FRANÇAIS	39
Mesurer la R&D	39
Plusieurs secteurs à forte intensité de R&D	40
Les investissements des entreprises fortement concurrentés	43
Un désalignement entre investissements publics et privés	44
Spécialisation par brevets et publications scientifiques	47
La création de jeunes entreprises innovantes en hausse	48
La France n'apparaît pas parmi les <i>leaders</i> dans les classements.....	51
Un risque d'érosion du potentiel en capital humain.....	53
LES DISPOSITIFS FRANÇAIS.....	63
Une architecture très diversifiée et qui continue à s'étoffer.....	63
Un renforcement significatif des dotations budgétaires.....	65
Les aides indirectes dominées par le Crédit d'impôt recherche.....	67
Un effort important pour valoriser la recherche.....	72
Des dispositifs d'innovation de rupture avant tout <i>bottom-up</i>	75
Le modèle ARPA reste embryonnaire	78
La structuration du marché du capital-risque	79

Bpifrance acteur central des aides directes à l'innovation.....	85
La sensibilisation en matière de propriété industrielle.....	94
Imposer les standards technologiques français.....	97
Le défi de densifier le vivier de capital humain	98
La sécurité économique.....	101
LE PLAN FRANCE 2030	103
La structure de la démarche.....	103
Une gouvernance interministérielle renforcée.....	111
Enjeux des marchés France 2030	112
Lutter contre les maladies infectieuses émergentes	118
CONCLUSION.....	149
REMERCIEMENTS.....	153
BIBLIOGRAPHIE.....	155
ANNEXE.....	157

«Les lumières de la géométrie, de la physique et de la mécanique m'en fournirent le dessein et m'assurèrent que l'usage en serait infailible si quelque ouvrier pouvait former l'instrument dont j'avois imaginé le modèle.»

Blaise Pascal, *Lettre dédicatoire de la machine arithmétique*, 1645

Préface

Nous avons largement pris conscience qu'il fallait changer d'approche. Nos institutions se sont adaptées. C'est un grand changement, dont des auteurs comme Philippe Aghion avaient vu, tôt, l'importance et l'ampleur. Des politiques d'innovation rénovées ont été mises en place, et c'est l'un des grands mérites de l'ouvrage de Christophe Strobel de permettre d'y voir enfin clair sur ce que nous faisons aujourd'hui et sur les raisons pour lesquelles nous le faisons.

Il fait aussi apparaître, et c'est essentiel, que ce sont des questions compliquées. Non pas qu'il s'agirait de devoir faire des choix, comme de privilégier les grands ou les petits, ou encore les publics ou les privés. Trop de débats se sont enfermés dans ces questions artificielles alors qu'il s'agit d'aider les innovateurs d'où qu'ils viennent. Non, la vraie question que pose l'ouvrage de Christophe Strobel, c'est : comment fait-on ?

Par exemple : comment faire pour faciliter l'émergence de nouveaux champions ? Comment favoriser les innovations de rupture ? C'est là que les choses sont, si j'ose dire, tout simplement compliquées. C'est là, surtout, qu'il n'y a pas de recette miracle : pas d'agence miracle qui déploierait des outils d'un nouveau style, pas de capacité d'anticipation miraculeuse qui permettrait soudain de deviner les prochaines révolutions et les prochains champions, pas d'homme ni de femme providentielle.

En matière de politique d'innovation, il n'y a pas de « balle en argent » – de « *silver bullet* », comme disent les anglo-saxons. Il n'y a pas non de nœud gordien que l'on pourrait trancher, sauf à faire de la mauvaise communication : les politiques d'innovation sont des objets compliqués, et elles vont le rester.

L'objectif des politiques d'innovation consiste à mettre en place des processus adaptés vis-à-vis de chaque problématique essentielle : le soutien à la R&D, l'émergence de *start-ups deep tech*, les transferts de technologie, les innovations de rupture, etc. Faute de solution magique, il n'y a qu'une seule approche possible : y consacrer les moyens et y affecter des équipes dotées d'une certaine indépendance et d'une capacité d'élaboration collective, dans un contexte où de nombreux acteurs, publics comme privés, sont impliqués. C'est certes compliqué, mais ce n'est pas si difficile.

Sauf que n'en sommes pas encore tout à fait là. Nous avons encore un peu le fantasme de la balle en argent. Et c'est un mérite supplémentaire de l'ouvrage de Christophe Strobel de nous aider à remettre ici les points sur les i – il y en

a deux dans le mot innovation – en faisant clairement apparaître la complexité des politiques d'innovation, et en faisant preuve de mesure dans ses analyses. Formons le vœu qu'il soit rapidement lu et entendu.

Jean-Michel DALLE

Introduction

Écrire que l'innovation peuple notre quotidien est un pléonasme. Sans remonter à la nuit des temps, l'apparition de l'éclairage au gaz, du moteur à explosion ou encore d'internet ont bouleversé notre quotidien, tout en marquant des périodes caractéristiques qualifiées de révolutions : révolution de la machine à vapeur, de l'électricité, du nucléaire et aujourd'hui du numérique.

Ces révolutions se traduisent par des cycles économiques, plus ou moins espacés, avec des périodes d'expansion et de contraction économique. Elles reflètent également le concept de destruction créatrice, synonyme de création de nouveaux secteurs et activités, et la destruction concomitante d'emplois correspondant à des marchés devenus obsolètes. Jadis manuel, le rivetage a par exemple été progressivement automatisé pour être en partie substitué par les techniques de soudure, entraînant à chaque fois une remise en cause des pratiques, un apprentissage spécifique mais aussi des contingences sur le plan de la santé des ouvriers.

L'innovation est ainsi porteuse d'une dualité intrinsèque sur un plan sociétal. Annonciatrice de bouleversements sociaux, elle permet également de répondre aux défis sociétaux, qu'il s'agisse d'éducation, de vieillissement de la population, de lutte contre le réchauffement climatique, de transition énergétique, de lutte contre les pandémies ou encore d'alimentation saine et durable.

En cela, la crise du COVID-19 a particulièrement mis en exergue le rôle de l'innovation au cœur des réponses apportées par les États et les entreprises privées : intelligence artificielle pour construire des modèles prédictifs de propagation de la maladie, vaccins à base d'ARN messager, procédés de fabrication augmentée, jumeaux numériques, plateformes de communication, nouvelles technologies d'éducation, sont autant de technologies auxquelles tout un chacun s'est acculturé à vitesse accélérée.

Une dernière dimension de l'innovation est son rôle en matière de souveraineté dans des secteurs stratégiques comme la défense (pensons par exemple à la furtivité des navires, à la géolocalisation ultra-précise par capteurs quantiques, à la cyberdéfense, à l'analyse des métadonnées) ou encore l'électronique, technologie diffusante par excellence que l'on retrouve dans de nombreux domaines.

Enjeu donc de compétitivité, tant en termes de création de nouveaux acteurs que de survie des acteurs établis, enjeu de réponse aux défis sociétaux, mais aussi de

souveraineté, l'innovation fait l'objet de politiques publiques volontaristes de la part des pays industrialisés, avec une architecture, qui a fortement évolué dans le temps, tendant vers une densification croissante des dispositifs et surtout une articulation de ces derniers, dans une logique de continuum.

Les singularités nationales, tout en subsistant, n'en finissent pas moins par s'estomper pour présenter de nombreux dénominateurs communs, qu'il s'agisse d'aides fiscales destinées à soutenir la recherche et développement (R&D), d'aides directes aux porteurs de projets ou de conditions-cadres favorisant l'innovation et l'entrepreneuriat.

En France, l'intervention de l'État a pris différentes formes avec, si l'on brosse l'histoire économique de notre pays, une première manifestation au travers du contrôle par l'État de secteurs technologiques. L'exemple topique est la création en 1665 de la Manufacture des Glaces de miroir autour d'un procédé de fabrication révolutionnaire, ancêtre du leader mondial de matériaux de construction Saint Gobain. Une autre illustration est le rôle du Commissariat général au plan au sortir de la Seconde Guerre mondiale, qui a été à l'origine de grands programmes tels que le développement du nucléaire civil, le turbo train à grande vitesse et le plan calcul, ou encore la création des grands organismes de recherche, ainsi que le contrôle capitalistique de sociétés intenses en R&D.

Ce paradigme a néanmoins été doublement remis en question, dans un premier temps, par le choc pétrolier dans les années 1970, qui a imposé de renforcer la compétitivité de l'industrie, et dans un second temps par l'intégration européenne avec pour corollaire un contrôle accru sur les dépenses, ainsi que sur les pratiques économiques susceptibles de fausser la concurrence. La politique d'innovation en tant que telle, et non plus les seules politiques scientifique et industrielle, s'est structurée dans ce contexte.

Dans ce cadre borné par les finances publiques et la réglementation européenne, la politique d'innovation française a pris une approche avant toute chose *bottom up* c'est-à-dire non focalisée sur un secteur ou une technologie donnée, sous forme de crédits d'impôt ou de subventions, couplée à la structuration d'écosystèmes et à la mise en place d'un environnement propice à l'entrepreneuriat. De façon schématique, les deux grands déterminants en masse budgétaire de cette politique ces dix dernières années ont été le Crédit d'impôt recherche, aide fiscale couvrant les dépenses de recherche et développement (R&D), et l'augmentation des aides directes à l'innovation au travers de la mise en place des Programmes d'investissements d'avenir à partir de 2010. Cet effort massif de l'ordre de 10 Mds€ par an jusqu'en 2019, s'est accéléré depuis 2020 avec les différents plans de réponse à la crise sanitaire.

Cette palette d'outils vise ainsi à :

- favoriser la création et le développement de *start-ups*, en particulier issues de la recherche ;
- transférer les résultats de la recherche vers le privé et, ce faisant, industrialiser la R&D ;
- soutenir les projets innovants portés par les entreprises ;
- encourager et financer l'innovation de rupture ;
- structurer les écosystèmes ;
- développer une politique de talents, c'est-à-dire s'assurer de la présence d'un vivier, ainsi que de la qualification et de la reconversion de la main-d'œuvre.

L'inflexion en train de s'opérer en France et plus largement au sein de l'Union Européenne consiste en une introduction plus importante de ciblage dans les filières émergentes à soutenir, contrairement au principe selon lequel les mécanismes de marché permettent d'orienter plus efficacement les facteurs de production vers les activités les plus productives. Loin de l'idée d'un « dirigisme économique », ce ciblage, autrement appelé intervention verticale, s'entend comme la sélection de thématiques, de technologies, de filières ou encore de missions cherchant à apporter des réponses à des défis sociétaux complexes, tout en laissant les projets émerger spontanément par des porteurs.

Ce basculement d'une intervention horizontale à verticale, du moins en partie, s'explique par plusieurs facteurs, tels que des barrières à l'entrée de certains marchés (adversité au risque des investisseurs), la compétition internationale qui peut se traduire par la concentration d'acteurs étrangers autour de technologies critiques (microélectronique), ainsi que les défaillances de coordination, en particulier s'agissant des défis sociétaux complexes (hydrogène décarboné).

C'est précisément l'objet et l'approche du plan France 2030 lancé en 2021 et représentant un soutien public de 54 Mds€. Il se décline en plusieurs stratégies d'accélération sur des filières d'avenir, à l'instar de la décarbonation des mobilités, l'intelligence artificielle, la santé numérique ou encore les nouvelles technologies du spatial. Plus que des moyens, qui resteront comparativement plus faibles en valeur relative que ceux mis en œuvre aux États-Unis, c'est surtout une méthode, avec l'orientation des moyens sur toute la chaîne de valeur, de la recherche fondamentale, jusqu'à l'industrialisation, la sélectivité et l'évaluation, qui sont au cœur de sa gouvernance. L'enjeu au regard des moyens massifs mis en œuvre par nos concurrents extra-européens, avec encore récemment le lancement de l'*Inflation Reduction Act* (IRA), qui permet de subventionner largement l'industrie américaine, consiste à davantage faire levier au niveau européen, tant sur le plan

intergouvernemental et en premier lieu avec l'Allemagne, que communautaire avec les programmes analogues pilotés par la Commission européenne.

Après avoir défini ce que recouvre le terme d'innovation et présenté les fondements économiques à une intervention publique, nous explorerons le positionnement compétitif de la France, ses atouts et marges de progrès, avant d'explorer les dispositifs mis en place en appui à ce diagnostic. Nous clôturerons cette analyse par une immersion dans les grands axes de France 2030, leurs objectifs et leurs ambitions.

Les justifications économiques

Ce chapitre passe en revue les justifications économiques d'une intervention publique, tout en présentant les différentes modalités de mise en œuvre, qui recouvrent des réalités et des finalités variées. Un focus particulier est mis sur l'innovation dirigée, c'est-à-dire le choix assumé par les autorités publiques de soutenir des filières et/ou technologies ciblées, qui fait l'objet d'un renouveau, à la lumière, d'une part, des percées qui ont jalonné l'histoire de l'agence américaine de recherche avancée de défense, la DARPA, d'autre part, de la compétition internationale.

DÉFINITION

Commun à différents cadres épistémologiques, le terme d'innovation renvoie dans le domaine économique à une réalité plurielle.

Au sens premier du terme, innover signifie dans sa forme latine classique *innovare* «revenir à» et en bas latin «renouveler, inventer, changer»¹. Ce mot, qui apparaît au XIII^e siècle, s'applique au départ dans un cadre juridique, avant de se répandre à différents domaines, techniques et politiques, au sens de processus qui bouleverse et modifie l'ordre établi. Son sens actuel émerge au début du XX^e siècle et est associé à l'idée de progrès, d'inventivité et de créativité. Il renvoie aussi bien au processus, à savoir les différentes étapes et l'organisation susceptibles de générer des nouveautés, qu'au résultat de celui-ci, nouveau produit, nouvelle technologie, nouveau procédé, nouvelle idée.

Peu à peu, il finit par supplanter le terme de progrès en matière économique et technologique, pour devenir depuis les années 2000 un champ d'intervention publique à part entière.

L'OCDE va s'attacher à normaliser la définition au niveau économique. Le Manuel d'Oslo de l'OCDE² définit ainsi quatre types d'innovation : de produit (introduction d'un bien ou service nouveau, ou amélioration sensible de leurs caractéristiques fonctionnelles), de procédé, de commercialisation et d'organisation.

À l'intérieur de cette typologie, il est encore possible de distinguer selon la continuité existant entre les innovations.

1 Dictionnaire de l'Académie française et CNRTL.

2 «La mesure des activités scientifiques et technologiques, principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique».

L'innovation peut, en effet, être incrémentale, en apportant des améliorations à une base existante : pensons par exemple aux smartphones actuels, qui intègrent au fur et à mesure différentes briques technologiques, comme des appareils photos de meilleure qualité. Ces incréments à une technologie donnée se présentent sous forme sigmoïde (courbe en S), avec des améliorations importantes en début de cycle (vitesse, puissance, rapidité, solidité, etc.) et de plus en plus mineures à mesure que la technologie « vieillit ».

L'innovation peut également être radicale ou de rupture, lorsqu'elle se traduit par la création d'un nouveau marché ou aboutit au bouleversement de sa hiérarchie. L'innovation de rupture est par nature imprévisible, complexe, longue et risquée. Elle peut être issue de la mise sur le marché de technologies de rupture : des technologies radicalement différentes, qui rendent obsolètes les technologies existantes. Elle peut aussi résulter d'un nouveau service. Ce concept est indissociable d'une prise de risque, le nouveau produit ou service n'ayant pas fait ses preuves, techniques ou commerciales.

Dans le sillage des travaux de Joseph Schumpeter sur le processus de destruction créatrice, l'économiste Clayton Christensen a mis en exergue, dans son ouvrage *Le dilemme de l'innovation* paru en 1997, trois caractéristiques fondamentales de l'innovation de rupture : elle rompt avec le modèle économique du secteur, elle crée une nouvelle source de croissance, elle renverse la hiérarchie de domination du marché³.

Lorsqu'elle renvoie à l'introduction d'une nouvelle technologie, l'innovation naît des travaux de recherche et développement (R&D⁴) à partir, soit, d'une connaissance nouvelle, soit de la jonction entre différentes disciplines, dans une logique de rétroaction combinatoire⁵.

« Qu'un savoir-faire nouveau apparaisse, comme le laser, il est intégré dans la constitution de grappes techniques diverses éparses dans tout le champ des techniques. Ce mécanisme partout présent est évidemment indissociable du caractère intrinsèquement collectif de l'activité technique ».

3 Les acteurs établis n'ayant pas d'intérêt à innover d'une façon radicale, qui risquerait de remettre en cause leur position.

4 La R&D recouvre la recherche fondamentale, c'est-à-dire des travaux entrepris pour acquérir de nouvelles connaissances sur des faits observables, la recherche appliquée, tournée vers des objectifs pratiques, et enfin le développement expérimental, qui vise la fabrication de nouveaux produits, matériaux, etc.

5 André Lebeau, in *L'engrenage de la technique*, 2005.

La création du GPS, du laser ou de l'avion à réaction correspondent à la première catégorie. Les lanceurs spatiaux réutilisables renvoient à la seconde catégorie, dans la mesure les technologies sous-jacentes étaient déjà présentes, il y a eu avant toute convergence.

Cette notion de convergence des technologies est également illustrée aujourd'hui par les biotechnologies, qui sont à la croisée de différentes technologies ouvrant la voie à la résolution de problèmes complexes jusqu'alors inattaquables. Ainsi, le couplage de l'intelligence artificielle, permettant de prédire le repliement des protéines, de l'accroissement du stockage de données autorisé par les nouvelles infrastructures de *cloud*, de l'impression 3D de matériaux vivants et du développement de nouveaux capteurs est en train de révolutionner les bio-fonderies (programmation à grande échelle de cellules) et, ce faisant, va accélérer la découverte de nouveaux médicaments. Pareillement, les percées récentes dans le domaine de la fusion nucléaire ont été favorisées par la découverte de nouveaux matériaux, des supraconducteurs à haute température, facilitant la construction d'aimants plus puissants, à même de doubler le champ magnétique. Là encore, l'intelligence artificielle a joué un rôle clé dans le design et le contrôle des matériaux. Ces combinaisons entraînent une complexité croissante pour les entrepreneurs, les amenant à être à même de coordonner et de piloter des équipes très diversifiées.



Figure 1 : Échelle des TR

Source: MEFSIN

Ces différentes étapes, de la recherche fondamentale, jusqu'à la mise sur le marché, peuvent être représentées par une échelle dite de maturité des technologies (*Technology readiness level, TRL*) allant d'un niveau 1, le plus amont, correspondant à de la recherche fondamentale, à 9, le plus aval, à l'orée de l'industrialisation. Cette échelle permet de visualiser, certes de façon très large, à la fois le processus et son résultat. Son usage n'est pas que théorique, dans la mesure où elle sert notamment aux organismes à allouer leurs ressources en fonction des différents stades ou aux autorités publiques qui les utilisent pour délimiter le niveau de risque associé aux projets. Pour intéressante qu'elle soit, cette grille ne s'applique toutefois pas de façon indifférenciée à tous les domaines. Le numérique en particulier se caractérise par des frontières plus diffuses. Le cycle qui en découle, de la science vers les technologies, a donné lieu au terme de technoscience, aujourd'hui tombé en désuétude, mais qui illustre les interactions existant entre les deux : les technologies résultent pour large part de travaux scientifiques et contribuent également à renforcer les travaux scientifiques en apportant des techniques de précision ou d'instrumentation, qui à leur tour favorisent les recherches sur l'infiniment petit ou l'infiniment grand. Citons à cet égard le prix Nobel de physique, Richard Feynman⁶ :

« Quand nous arrivons au monde du très, très petit – disons du circuit de sept atomes – nous trouvons une quantité de choses nouvelles qui offrent des occasions de conception totalement novatrices. [...] Les problèmes de fabrication et de reproduction des matériaux seront complètement différents. »

Sur un plan historique, ce rapprochement entre sciences fondamentales et technologies a été amorcé entre le 15^e et 17^e siècle durant la période dite de révolution scientifique, qui a vu la mise en place de nouvelles méthodologies expérimentales s'appuyant sur le travail d'artisans de plus en plus spécialisés à l'origine d'innovations majeures en matière instrumentale, elles-mêmes créatrices de nouveaux marchés. Les figures de Tycho Brahé en astrologie, de Robert Boyle en physique et chimie ou encore d'Antoni van Leeuwenhoek en biologie cellulaire, sont de ce point de vue emblématiques de cette convergence entre sciences, technologies et innovation. Dans ces exemples, « l'aventure scientifique » a guidé les innovations. On retrouve d'une certaine façon ces interactions et synergies aujourd'hui dans la politique de soutien aux *start-ups deep tech*, que nous évoquerons plus loin dans l'ouvrage et qui vise à valoriser les résultats de la recherche sous forme de création de jeunes entreprises innovantes. En revanche, ces liens entre sciences et innovation sont loin d'être univoques. D'autres exemples datant de la même époque montrent au contraire que l'innovation axée sur des problématiques pratiques associées à des enjeux économiques est susceptible en retour d'alimenter la recherche fondamentale. L'invention de la machine à vapeur par Thomas

6 Allocution prononcée au Californian institute of technology le 29 décembre 1959.

Newcomen et les améliorations apportées par James Watt, qui ont contribué à la révolution industrielle, répondaient à des enjeux pratiques et ont ensuite alimenté des travaux scientifiques sur la thermodynamique. Dit autrement, il existe des liens bijectifs entre sciences et innovation, permettant des boucles de rétroaction.

Nous nous attacherons par la suite à une acception extensive de l'innovation, englobant à la fois le soutien à la R&D et à l'innovation dans une logique de continuum, sans nous limiter à l'innovation technologique, conformément à la définition présentée plus haut.

LE CADRE CONCEPTUEL APPORTÉ PAR LES THÉORIES DE CROISSANCE ENDOGÈNE

La justification d'un soutien public à l'innovation s'appuie sur les travaux afférents à la croissance économique qui ont permis de souligner le rôle moteur joué par le progrès technique.

Les travaux de l'économiste autrichien Joseph Schumpeter ont été précurseurs. Dans son premier ouvrage de 1912 *Théorie de l'évolution économique*, J. Schumpeter pose l'innovation, définie comme l'introduction de nouveaux biens de consommation, de nouvelles méthodes de production, de nouveaux marchés, de nouvelles sources d'approvisionnement et de nouvelles formes d'organisation, en tant que moteur de la croissance économique. Au cœur de ce processus émerge la figure de l'entrepreneur. Celui-ci se distingue par sa capacité à rompre avec la routine, à tenter de nouvelles combinaisons, ce qui, par mimétisme, engendre une dynamique, suscitant l'apparition de nouveaux entrepreneurs et, ce faisant, un effet d'entraînement sur l'économie dans son ensemble. Schumpeter insiste sur la dissociation entre l'inventeur (le technicien) et l'entrepreneur, tout comme il dissocie l'entrepreneur des gérants d'entreprises, à qui un mandat est confié. Il s'agit d'aptitudes distinctes, l'entrepreneur étant dans cette vision «héroïsé», à l'image de James Watt ou de Thomas Edison. Le postulat sous-jacent de cette thèse est que l'innovation émane principalement de petites et bien souvent nouvelles entreprises opérant en dehors des circuits circulaires de l'activité économique existante.

L'effet de diffusion et de mimétisme fait que les inventions arrivent par grappes ou essais avec au début une juxtaposition entre les anciennes et les nouvelles. Il existe, par conséquent, un processus de cycles économiques associés aux technologies, avec des phases d'expansion suivies de récession économique. Cette analyse sera étayée statistiquement par les travaux de Kondratieff qui identifia à partir de 1926 des cycles longs de 40 à 60 ans, correspondant aux révolutions industrielles qui se sont succédé : première révolution liée à la machine à vapeur, l'expansion du chemin de fer, le développement de l'électricité, l'industrie chimique et le développement de l'automobile. D'autres cycles plus

courts existent, comme les cycles Juglar, qui durent entre cinq à dix ans et qui correspondent à des phases d'investissement⁷.

«Les nouvelles combinaisons, si elles apparaissent, apparaissent par groupes»⁸.

Dans ses contributions ultérieures, Schumpeter ajustera certaines thèses, notamment sur le rôle prédominant des petites entreprises pour porter des innovations. En 1942, dans *Capitalisme, socialisme et démocratie*, il mettra l'accent sur le rôle des entreprises monopolistiques qui sont le moteur du progrès technologique inhérent, d'une part, aux forces concurrentielles, la pression de la destruction créatrice, d'autre part, aux ressources considérables à mobiliser pour développer des percées technologiques complexes et déployer dans le même temps des innovations d'organisation. On observera à cet égard que les statistiques de R&D illustrent l'importance des grandes entreprises dans les investissements faits en matière de haute technologie⁹.

Les travaux qui suivront la Seconde Guerre mondiale vont s'attacher à modéliser et quantifier l'articulation entre progrès technologiques et croissance économique.

Le modèle de Solow (1957), qui s'appuie sur une fonction de production de type Cobb-Douglas associant comme variables le capital et le travail, lui attribue ainsi la plus grande part de la croissance économique, à côté de l'investissement en capital et de la croissance de la population. Il est néanmoins extérieur au modèle et considéré comme donné, ce qui lui vaut l'expression de résidu de Solow. Les études économétriques, qui se sont penchées ultérieurement sur sa quantification, l'évaluent entre 40 et 60 % de la croissance. Pour la France, les travaux de Carré, Dubois et Malinvaud ont amené à estimer ce résidu à 50 % de la croissance française entre 1951 et 1969.

Analysant la reconstruction de l'Allemagne et du Japon après la Seconde Guerre mondiale, qui a été plus rapide que ne le laissait envisager son stock de capital physique, Theodore Schultz conceptualisera dans les années 1960 la notion de capital humain, défini comme les aptitudes, les connaissances, le savoir-faire, les talents et les qualités accumulées par une personne, considéré comme un facteur clé de la croissance.

Exogène dans le modèle de Solow, le progrès technique va faire l'objet de nouveaux modèles dans les années 1980 et 1990 dans lesquels il apparaît comme

7 Ces derniers cycles s'observent dans le développement des jeunes entreprises innovantes.

8 Schumpeter, in «Théorie de l'évolution économique».

9 Source : «État de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en France», MESRI-DGESIP/DGRI-SIES, enquête INSEE capacité à innover et stratégie.

endogène, soulignant le rôle central du capital humain (formation, connaissances), des infrastructures et des dépenses de R&D dans les facteurs de croissance¹⁰. Non plus une constante, le progrès technique devient une variable sur laquelle agir et aboutissant à un mécanisme d'auto-renforcement de la croissance économique. En particulier, le modèle de Romer (1990) illustre les externalités positives pour l'économie générées par les activités de R&D d'une entreprise : par diffusion de la connaissance (*knowledge spillover*), elles bénéficient à tous et font augmenter la productivité des agents économiques, y compris extérieurs à cette entreprise. Écrit autrement : plus il y a de connaissances, plus les efforts de R&D deviennent productifs, engendrant ainsi un effet d'entraînement qui auto-entretient la dynamique. Cet effet multiplicateur dépend dans le modèle de Romer du capital humain disponible.

La conséquence logique de ce modèle est qu'en ouvrant les économies à l'international l'effet multiplicateur est renforcé de deux manières : par l'augmentation du capital humain disponible, ainsi que par le renforcement de la concurrence qui amènent les entreprises à devoir améliorer la qualité et la fiabilité de leurs produits. C'est ce que montrent Grossman et Helpman en 1990.

Les travaux d'Aghion et Howitt (1990) vont reprendre l'idée schumpétérienne de processus de destruction créatrice autour d'un modèle proposant des développements itératifs de biens intermédiaires incorporés au sein d'un bien final, qui finissent, par conséquent, par évincer les biens intermédiaires concurrents et par renforcer les biens finaux¹¹. Le modèle accueille des solutions multiples, dont un schéma de cycles économiques.

Enfin, certains économistes se sont penchés sur le rôle des dépenses publiques sur la croissance. Le modèle de Barro (1990) en particulier montre l'effet positif du taux d'imposition sur la croissance économique, en ce qu'il permet de financer des biens publics (par exemple des autoroutes ou des réseaux ferroviaires), rendant plus efficaces l'activité productive des entreprises privées. Le mécanisme est le suivant : les dépenses publiques accroissent les revenus, qui renforcent la base fiscale, qui permet à son tour de nouvelles dépenses publiques. Ce modèle induit toutefois deux effets contradictoires de l'imposition, qui peut augmenter la productivité du capital privé, mais qui, trop élevé, peut la déprécier. La déduction logique est qu'il existe un taux d'imposition optimal générant une croissance endogène.

10 Pour une vision exhaustive et les précisions mathématiques, voir «Les nouvelles théories de la croissance», de Dominique Guellec et Pierre Ralle.

11 Certaines études évaluent à 50% la part des dépenses de R&D investies qui sont incorporées dans des produits d'autres filières. Voir F. M. Scherer «Inter-industry flows and productivity grows», 1982.

Les théories de croissance endogène apparaissent, par conséquent, comme des théories de l'offre, justifiant une intervention de l'État pour soutenir les activités de R&D. Cette intervention peut être d'autant plus nécessaire que les secteurs font l'objet de failles de financement, du fait d'une aversion des acteurs privés à un risque élevé, ou de ce que certaines technologies sont essentiellement tirées par le cadre public afin de répondre aux défis sociétaux (santé, transition énergétique et écologique). Plusieurs études empiriques à partir de données françaises, néerlandaises ou canadiennes montrent ainsi que les activités de R&D augmentent la probabilité d'introduire un nouveau produit. L'OCDE souligne à cet égard¹² :

«De nos jours, le savoir sous toutes ses formes joue un rôle capital dans le fonctionnement de l'économie. Les nations qui exploitent et gèrent efficacement leur capital de connaissances sont celles qui affichent les meilleures performances. Les entreprises qui possèdent plus de connaissances obtiennent systématiquement de meilleurs résultats. Les personnes les plus instruites s'adjugent les emplois les mieux rémunérés. Ce rôle stratégique du savoir explique l'accroissement de l'investissement dans la recherche et le développement, dans la formation et l'enseignement, ainsi que des autres investissements immatériels qui, dans la plupart des pays, se sont développés plus rapidement que les investissements dans le capital physique au cours des dernières décennies. Dans leur action, les pouvoirs publics doivent donc mettre l'accent sur le renforcement de la capacité d'innovation, de création et d'utilisation des connaissances de nos économies. Le changement technique résulte des efforts d'innovation, notamment des investissements immatériels, tels que la R&D, et ouvre des opportunités d'investissement ultérieur dans les capacités de production. C'est pourquoi, à terme, il est générateur d'emplois et d'accroissement des revenus. L'une des tâches essentielles des pouvoirs publics est de mettre en place des conditions qui incitent les entreprises à engager les investissements et les efforts d'innovation indispensables à la poursuite du progrès technique.»

TAXONOMIE DES INTERVENTIONS

La double logique de bouleversement des marchés, d'une part, et de valorisation de la recherche, d'autre part, c'est-à-dire de transformation des résultats de la recherche en actifs économiques, a fait de l'innovation un objectif prioritaire des politiques publiques, de par son effet moteur en matière d'externalités positives. Les États-Unis, en particulier, ont mis en place des agences d'innovation de

12 OCDE (1996), La Stratégie de l'OCDE pour l'emploi - Technologie, productivité et création d'emplois.

rupture ou de valorisation de la recherche dès les années 1950, dans le contexte d'un questionnement croissant sur la valorisation de la recherche¹³ et de rationalisation des moyens.

Cette intervention vise à réduire le risque associé aux projets de R&D et stimuler l'esprit d'innovation. Elle prend des formes très variées, que l'on peut représenter selon plusieurs dichotomies :

- intervention structurelle, en améliorant les conditions-cadres de l'innovation (éducation, qualité de la recherche, infrastructures de recherche, propriété industrielle, etc.) ; *versus* intervention verticale, autrement appelée dirigée, lorsqu'elle vise des acteurs économiques ou des filières précises par le financement d'une partie des activités de R&D et d'innovation ;
- financements indirects, sous forme de crédits fiscaux ; ou financements directs, sous forme d'aides à destination de projets portés par des laboratoires et/ou des entreprises ;
- projets amont, consistant en un soutien à la phase d'idéation et de maturation en amont ; ou projets aval, nécessitant d'accompagner la production et la mise sur le marché ;
- une approche portant sur la technologie en elle-même, indépendamment des considérations commerciales (*techno-push*) ; ou subordonnant la technologie à son application commerciale (*market-pull*) ;
- *top down*, lorsque les technologies ou les secteurs objets d'un soutien sont choisis *a priori* par la puissance publique ; ou *bottom up*, en l'absence d'une focalisation thématique ou technologique.

La différenciation entre l'innovation de rupture et l'innovation incrémentale intervient sur le degré de risque associé (fort investissement à l'amorçage, barrières à l'entrée, absence de marché au moment de l'investissement).

Ces distinctions, bien que schématiques, permettent de mettre en lumière les spécificités associées à chacune des finalités. Pour autant, elles sont complémentaires et souvent, en pratique, mêlées. Nombre de dispositifs de soutien public sont d'ailleurs construits dans une logique de continuum. Par exemple, le *Small Business Innovation Research* (SBIR) et le *Small Business Technology Transfer* (STTR) américains fonctionnent en entonnoir pour accompagner les *start-ups*, dont celles issues des laboratoires, du stade de l'idée jusqu'à celui de la commercialisation, en cumulant subventions, commande publique et services d'accompagnement.

13 Questionnement qui aboutira au rapport Charpie en 1967 : «L'effort de recherche, bien qu'il soit nécessaire, ne suffit aucunement à susciter l'innovation».

Tableau 1 : Taxonomie des interventions en faveur de l'innovation

Source : Christophe Strobel, Adrien Sutter et Xavier Lachaume

Approche guidant un développement technologique	<i>techno-push</i>	technologie développée d'abord pour elle-même
	<i>market-pull</i>	cas d'usage commercial à l'origine du développement technologique
Maturités technologiques	<i>amont</i>	proche de la recherche , le risque technologique est encore élevé (TRL faible)
	<i>aval</i>	proche du marché , le risque principal est commercial (TRL élevé)
Types d'innovation	<i>innovation incrémentale</i>	apport d' améliorations marginales à une base existante
	<i>innovation de rupture</i>	apparition d'une technologie ou d'un service auparavant inexistant
Approches guidant la sélection de projets	<i>top-down</i>	soutien de projets répondant à une orientation précise déterminée a priori : secteur, technologie, voire la réponse à un problème scientifique précis (<i>problem-oriented</i>)
	<i>bottom-up</i>	soutien de projets partageant des caractéristiques communes (âge, taille, intensité technologique, difficultés rencontrées...), mais sans a priori technologique ou sectoriel
Modes d'intervention publique	<i>structurel</i>	amélioration des conditions-cadres de l'innovation (éducation, qualité de la recherche, infrastructures de recherche, propriété industrielle, etc.)
	<i>dirigé</i>	soutien aux porteurs ou aux projets d'innovation
Types de soutien public	<i>direct</i>	financements accordés aux projets (subventions, prêts, fonds propres...)
	<i>indirect</i>	crédits fiscaux accordés aux porteurs des projets
Modalités de sélection des projets	<i>aide guichet</i>	aide accordée dès lors que les critères d'éligibilité objectifs et génériques sont respectés
	<i>aide sélective</i>	aide accordée sur la base d'une analyse en opportunité du projet selon différents critères (qualité de la technologie, impact économique, écologique...)
	«faux concours»	proches de l'aide sur critères, à la différence que la contrainte budgétaire conduit à un faible taux de sélection
	<i>concours</i>	sélection des meilleurs projets selon un nombre déterminé <i>a priori</i>

Ces politiques ne s'adressent cependant pas à toutes les formes d'innovation. Elles visent essentiellement l'introduction sur le marché d'une nouvelle

technologie. Requérant moins de capitaux et d'efforts de recherche, l'innovation non technologique est, en effet, considérée comme plus facile à développer par les acteurs privés et fait ainsi moins l'objet de mesures de soutien public quoiqu'elles puissent exister (crédit impôt collection par exemple pour le design).

LE RENOUVEAU DES INTERVENTIONS DIRIGÉES

L'innovation dirigée renvoie au choix des thématiques, secteurs ou technologies à soutenir en priorité par la puissance publique.

La littérature économique souligne que ces choix publics peuvent être entachés de différents biais : biais de sélection, du fait par exemple d'informations imparfaites ou incomplètes ; risques de captation des ressources par les acteurs établis ; aléa moral lorsque l'administration s'appuie sur des opérateurs certes publics mais pour autant finissant par avoir leur propre logique intrinsèque (théorie de l'agence¹⁴) ; perspectives court-termistes des autorités publiques (théorie du choix public¹⁵) ; aversion à la perte, qui amène les décideurs à enraciner leurs choix compte tenu des investissements initiaux consentis (théorie des coûts irrécupérables à l'image du programme Concorde, qui a été une prouesse technologique mais sans perspectives de rentabilité commerciale) ; ou encore difficultés à anticiper quels seront les marchés d'avenir, les forces intrinsèques des marchés en économie ouverte échappant à tout dirigisme.

Pour autant, ces arguments peuvent être contrebalancés à plusieurs niveaux.

En premier lieu, considérer que les politiques horizontales, par définition non ciblées sur des écosystèmes bien déterminés, sont suffisantes pour affronter la compétition mondiale revient à occulter dans une perspective dynamique les pratiques des pays concurrents. Le terrain de jeu de l'économie est, en effet, mondial, ce qui suppose d'intégrer les politiques offensives et défensives des pays concurrents, au risque de subir un retard, voire un décrochage.

À cet égard, force est de constater que la dernière grande crise financière de 2008 a vu un regain de l'intérêt des pays du G20 pour les politiques d'innovation sectorielles.

14 Voir Michael C. Jensen et William H. Meckling, «Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure», *Journal of Financial Economics*, 1976.

15 Voir James M. Buchanan et Gordon Tullock, «The Calculus of Consent», 1962. Ces théories soulignent notamment l'éloignement des décisions politiques de l'optimum de long terme.

La Chine a, par exemple, élaboré un plan dénommé *Made in China 2025*, ambitionnant de devenir leader sur 10 industries clés¹⁶. De manière générale, et ce même si les chiffres ne sont pas toujours traçables avec précision, la Chine soutient massivement son industrie et les nouvelles technologies, ce qui soulève des enjeux de souveraineté pour certaines filières françaises, à l'instar de la nano et microélectronique ou de l'intelligence artificielle.

En dehors de l'exemple chinois, la plupart des pays industrialisés concentrent leurs moyens sur un nombre limité d'industries ou de technologies (dont des technologies diffusantes), le plus souvent en mixant outils de soutien générique (politique horizontale) et outils focalisés sur des industries spécifiques.

Les principales priorités visent :

- la modernisation de l'industrie tels que le plan « Industrie 4.0 » (e.g. Allemagne) ou bien de programmes spécifiques au développement de certaines technologies permettant la transformation de l'industrie (e.g. « Stratégie nationale pour l'IA » en Corée du Sud et en Chine, « Stratégie Robots » au Japon) ;
- les nouvelles mobilités soutenues sont principalement le véhicule électrique, hydrogène et, dans une moindre mesure, autonome. Plusieurs pays affichent l'ambition de devenir leaders dans le développement et la production de véhicules électriques et hydrogène ;
- les énergies propres font l'objet de programmes spécifiques notamment l'hydrogène priorisé par l'Allemagne et le Japon ou l'énergie solaire dans laquelle la Corée du Sud prévoit d'investir 13 Mds€ à travers un fonds de financement de projets ;
- les technologies numériques, dont notamment l'intelligence artificielle, font l'objet de plans spécifiques, de nature transverse en Corée du Sud, Japon, Chine, Royaume-Uni, Allemagne et aux États-Unis.

Ces politiques qui intègrent les notions de souveraineté et d'industrie stratégique sont mises en œuvre en complément des politiques horizontales. Ce constat amène à conclure que ne pas maîtriser un certain nombre de technologies et ne pas les industrialiser risque de mener à une dépendance aux ramifications très étendues pouvant aboutir à une concentration du marché, voire à des dépendances des chaînes logistiques, comme c'est le cas aujourd'hui dans le domaine des semi-conducteurs avec quelques acteurs clés au niveau mondial ou encore dans le domaine des plateformes numériques. C'est ce qui a notamment amené l'Union européenne à adopter différentes mesures, à l'instar de la réglementation européenne

¹⁶ Robotique, équipements maritimes, transport ferroviaire, véhicules du futur, aérospatial, biopharma et med-tech, technologies de l'information, équipements pour l'énergie et équipements agricoles.

du *Digital Market Act* dans le but de favoriser la concurrence numérique ou de sécuriser les approvisionnements de semi-conducteurs au profit des industries aval européennes.

La promulgation le 16 août 2022 de la loi américaine sur la réduction de l'inflation, *Inflation Reduction Act*, qui prévoit 370 Mds\$ à la politique industrielle verte aux États-Unis, témoigne de cette concurrence exacerbée, en particulier la logique d'acheter américain la sous-tendant et les subventions à la production susceptibles d'entraîner une compétition entre pays pour accueillir les sites industriels.

En second lieu, plusieurs travaux récents d'économistes (Philippe Aghion¹⁷, Mariana Mazzucatto¹⁸ par exemple) mettent en avant l'impact positif de politiques industrielles plus actives et ciblées. La politique industrielle dépasse alors le simple rôle de correction des défaillances de marchés pour jouer une fonction d'accélérateur de la transformation de l'économie en réponse à des défis sociétaux majeurs.

Dans cette approche, l'intervention publique permet de réduire les défauts de coordination entre acteurs économiques pour accélérer les dynamiques d'innovation tout en orientant une partie des efforts d'innovation vers des enjeux sociétaux majeurs (santé, alimentation, protection de l'environnement, sécurité, etc.). Le marché des émissions de carbone en constitue une bonne illustration puisqu'il implique de développer de nouvelles technologies de décarbonation de l'industrie pour atteindre les quotas fixés.

Un dernier argument tient aux économies de réseau et aux rendements d'échelle décroissants inhérents à certaines technologies. Le développement de l'hydrogène dans les mobilités relève de cette logique, dans la mesure où il suppose de mettre en place des infrastructures, sans lesquelles les usages ne seraient pas possibles.

«Les missions européennes», lancées par l'Union européenne et d'ailleurs inspirées par les travaux de M. Mazzucatto, constituent une illustration de ces politiques d'innovation dirigée. Celles-ci visent à s'attaquer à la résolution des grands enjeux sociétaux, dans le cadre d'une approche collaborative entre parties prenantes et transversale, en favorisant les connexités entre filières et entre disciplines : adaptation au changement climatique ; vaincre le cancer ; régénérer notre océan et nos eaux ; villes intelligentes et neutres en carbone ; santé des sols et alimentation.

17 «*Industrial policy and competition*», P. Aghion, M. Dewatripont, L. Du, A. Harrisson et P. Legros, NBER Working paper series, 2012.

18 «*A mission-oriented approach to building the entrepreneurial state*», M. Mazzucatto, 2014.

Cette action se distingue par une gouvernance spécifique composée d'experts de ces domaines, les «*Mission boards*», chargés de conseiller, suivre et valoriser les actions. Elle cherche également à associer le grand public à la démarche aux stades de la conception et de l'évaluation. Le budget de chacune des cinq missions est variable et fonctionne globalement sur des périodes de deux à trois ans, en s'appuyant sur les différents instruments des programmes européens existants, dont le programme-cadre de recherche innovation dénommé Horizon Europe. À titre d'exemple, la mission climat mobilise 930 M€ entre 2021 et 2027. En plus du budget de base d'Horizon Europe, la Mission se concentre sur la mobilisation et l'amélioration de l'articulation de financements provenant de diverses sources publiques et privées à différents niveaux (UE, national, régional et local).

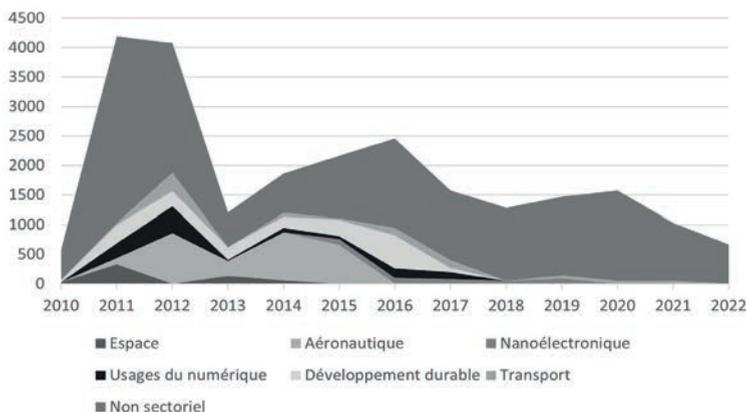
Les actions lancées dans ce cadre ne se cantonnent pas à la R&D, même si elle en constitue un bloc important, et visent à résoudre l'ensemble des verrous entravant le développement de ces nouveaux marchés, qu'il s'agisse d'obstacles juridiques, de capital humain, voire de diplomatie en portant une vision internationale.

Exemples de dispositifs prévus dans le cadre de la mission Cancer¹⁹

- création d'une plateforme UNCAN (UNderstand CANcer) d'ici 2023, afin de mettre en commun les données en santé mais aussi accélérer les découvertes de rupture en cancer;
- création d'ici 2023 d'un European Patient Digital Center, pour permettre le partage de données de patients et survivants du cancer;
- création de Comprehensive Cancer Infrastructures d'ici 2025, afin de structurer la recherche, les soins, les formations et les activités de sensibilisation;
- création de Living Labs pour soutenir l'innovation autour des quatre objectifs de la Mission.

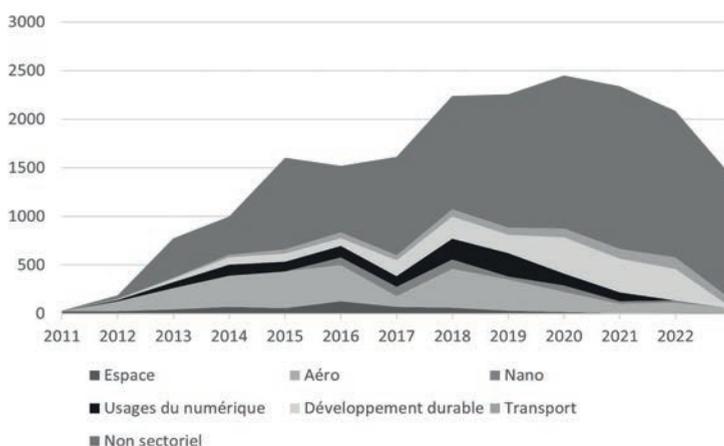
Au niveau français, l'orientation «dirigée» de la politique d'innovation a connu différentes phases au cours de ces dix dernières années, en couplant à la fois des programmes ministériels et interministériels au travers des Programmes d'investissements d'avenir (PIA). Lancés dans une approche contra cyclique après la crise économique de 2008, ces derniers ont appuyé la restructuration et le soutien aux filières, à l'instar du numérique, de l'aéronautique civile, de l'automobile, des énergies renouvelables, de l'urbanisme durable, de la santé, de l'espace, du nucléaire de demain ou de la nanoélectronique, mobilisant plus de 14 Mds€ d'aides dans le cadre des PIA 1 et 2, déployés respectivement à partir de 2010 et de 2013.

¹⁹ Source : <https://www.horizon-europe.gouv.fr/mission-cancer-ameliorer-la-vie-de-plus-de-3-millions-de-personnes-d-ici-2030-31702>.



Graphique 1 : Soutien des PLA 1, 2 et 3 à des programmes industriels (autorisations d'engagements en k€)

Source : MEFSIN. Ce graphique ne tient pas compte des autorisations d'engagements mises en place dans le cadre du PLA 4/ France 2030, avec une orientation résolument sectorielle. Celles-ci sont intervenues à compter de 2021.



Graphique 2 : Soutien des PLA 1, 2 et 3 à des programmes industriels (crédits de paiement en k€)

Source : MEFSIN. Ce graphique ne tient pas compte des autorisations d'engagements mises en place dans le cadre du PLA 4/ France 2030, avec une orientation résolument sectorielle. Celles-ci sont intervenues à compter de 2021.

Ce soutien à des grandes filières ou secteurs économiques s'est cependant estompé dans le PIA 3 lancé en 2017 pour prendre une dimension plus transversale, au travers d'un soutien générique aux projets de R&D et à la mise en place de plateformes mutualisées. Seules quatre filières ont bénéficié d'un programme spécifique de soutien à l'innovation dans le cadre du PIA 3 :

- les démonstrateurs de la transition énergétique ;
- la filière de nanoélectronique, qui présente des enjeux de souveraineté et de compétitivité importants ;

- la filière de l'aéronautique ;
- l'intelligence artificielle.

UN SOUTIEN SPÉCIFIQUE À L'INNOVATION DE RUPTURE : LA DARPA

Dans le paysage du soutien public à l'innovation dirigée, le modèle de l'agence américaine d'innovation pour la défense (DARPA) apparaît remarquable.

Créée en 1958 pour éviter «l'effet Spoutnik», après avoir découvert avec surprise l'avancement technologique soviétique lors du lancement du satellite Spoutnik en 1957, la DARPA a pour ambition d'éviter que les États-Unis ne soient dépassés technologiquement par les puissances étrangères et donc d'assurer une domination technologique dans le domaine militaire.

La DARPA n'est pas un organisme de recherche. Même s'ils sont issus du monde de la recherche, les directeurs de programme ne jouent pas un rôle de chercheurs durant leur programme : ils portent une vision, engendrée par les besoins exprimés par les militaires, et sélectionnent les idées de recherche et de technologie prometteuses qui s'inscrivent dans cette vision. Ils n'ont pas d'*a priori* technologique, et financent souvent des technologies concurrentes dès lors qu'elles ont le potentiel de remplir la fonctionnalité attendue.

Les programmes DARPA visent le transfert technologique de la recherche vers l'industrie sur le temps long – la durée typiquement visée est de 10 ans –, et non les débouchés commerciaux de court terme. L'agence est dirigée par un responsable nommé par le pouvoir politique, pour une durée moyenne de 2 à 3 ans : ces mandats courts font que le responsable ne voit pas l'achèvement des programmes commencés sous son mandat, ce qui atténue le risque de rechercher des résultats immédiats, et garantit leur autonomie.

Ce modèle suppose une acceptation forte du risque (85 % des projets n'atteindraient pas leur objectif), une délimitation marquée entre le politique et l'opérationnel, un poids prépondérant laissé aux experts scientifiques, de la définition des programmes, jusqu'à la sélection des projets, ainsi que des moyens administratifs pour recruter des directeurs de programme et leur offrir un support logistique à leurs actions.

La DARPA est connue pour être à l'origine d'Internet, du GPS, et même des drones et de l'ARN messenger : ces succès amènent aujourd'hui plusieurs pays à chercher à le reproduire.

Les programmes de recherche ou de concours sont conçus selon une approche *problem-oriented*, c'est-à-dire dont le point de départ est la formulation d'un problème

technique ou scientifique précis, mais dont la solution sera recherchée sans *a priori* technologique.

Transposé à d'autres secteurs, comme la transition énergétique (ARPA-E), le renseignement (I-ARPA) et à terme la santé (ARPA-H), sa spécificité tient à plusieurs principes cardinaux :

- des programmes de recherche aux moyens considérables (20 à 80 M\$) sont confiés à des directeurs de programme. Ils ont pour objectif de répondre à un besoin d'ordre technologique ou scientifique défini en lien avec l'armée américaine ;
- chaque directeur de programme dispose d'une grande autonomie de décision et d'une capacité de proposition, y compris en dehors de son champ de compétence ;
- il bénéficie d'une liberté de choix dans les modalités d'intervention : entre des actions ponctuelles (appel à projets, concours, constitution de consortium, etc.) ou écosystémiques (création de structures d'accompagnement, création de plateformes de données, etc.) ;
- il est recruté sur un contrat court correspondant à la durée du projet, de l'ordre de 3 ans. Il est sélectionné sur sa forte compétence scientifique et sa capacité à fédérer l'écosystème de recherche et industriel (laboratoires, *start-ups*, grands groupes), que ce soit par des mises en relation individuelles ou des groupes de travail formels. Le programme commence par l'établissement d'une feuille de route co-construite avec cet écosystème pendant une durée de l'ordre de 6 mois ;
- le directeur de programme est entouré par un comité scientifique, composé de personnalités qualifiées, de représentants des administrations et du monde scientifique, qui éprouve ses propositions et peut le relier aux acteurs et administrations nécessaires ;
- la DARPA reçoit des orientations générales de la part du gouvernement, mais est autonome dans le choix de ses programmes et le recrutement des directeurs de programme ;
- elle est conseillée par un collège de personnalités qualifiées, qui se réunit annuellement pour déterminer les problématiques et enjeux technologiques d'avenir.

Annonciatrice de bouleversements sociaux, l'innovation permet cependant de répondre aux défis sociétaux, qu'il s'agisse d'éducation, de vieillissement de la population, de transition énergétique, de lutte contre les pandémies ou encore d'alimentation saine et durable. La crise du COVID-19 a particulièrement mis en exergue le rôle de l'innovation au cœur des réponses apportées par les États et les entreprises privées. L'innovation joue également un rôle important en matière de souveraineté dans des secteurs stratégiques, comme la défense ou encore l'électronique, technologie diffusante par excellence que l'on retrouve dans tous les domaines.

En France, la politique d'innovation fait l'objet d'un soutien continu de la part des gouvernements. Ainsi, le plan France 2030, lancé en 2021, et représentant un soutien global de 54 milliards d'euros, se décline en plusieurs stratégies d'accélération sur des filières d'avenir, à l'instar de la décarbonation des mobilités, de l'intelligence artificielle, de la santé numérique ou encore des nouvelles technologies du spatial. L'enjeu est de maintenir le pays à un haut niveau technologique et de soutenir la trajectoire de croissance économique sur le long terme.

Quelles actions sont mises en place pour atteindre cet objectif ?

Quel est le positionnement compétitif de la France ?

Quels sont ses atouts et marges de progrès en comparaison des pratiques observées à l'international ?

Cet ouvrage offre un panorama complet sur le sujet, ainsi que des clés de lecture pour mieux appréhender la politique d'innovation en France, ses grands axes, sa gouvernance et, enfin, ses objectifs et ambitions.

Christophe Strobel est haut fonctionnaire au ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, où il a notamment été en charge du financement de l'innovation et des programmes d'innovation de rupture. Il est ancien élève de l'École normale supérieure de Cachan et de l'École nationale d'administration.

25 euros

