

Hors-série spécial 50 ans du BETA



DOCUMENTS
DE TRAVAIL

" La Méthode BETA "

Auteurs

Laurent Bach, Jean-Alain Héraud, Sandrine Wolff, Patrick Cohendet

Document de Travail-Hors-série n°2022-25

Janvier 2023

Notice introductive : **Julien Pénin**

BETA
Bureau d'économie
théorique et appliquée

Site : <https://beta-economics.fr>

 [@beta_economics](#)

Contact :
jaoulgrammare@beta-cnrs.unistra.fr



La « Méthode BETA »

Laurent Bach, Jean-Alain Héraud, Sandrine Wolff, Patrick Cohendet

Notice introductive

L'article proposé par Laurent Bach, Patrick Cohendet, Jean-Alain Héraud et Sandrine Wolff porte sur un sujet historique, très fortement identitaire et qui est indispensable pour comprendre ce qu'est l'axe CSI du BETA aujourd'hui, et pourquoi : la méthode d'évaluation « BETA ».

Qu'est-ce que c'est que cela ? Comme l'explique l'article, il s'agit d'une « *méthode microéconomique déclarative approfondie* » visant à comprendre et quantifier (souvent à minima) les effets économiques des grands programmes publics et des grandes infrastructures consacrés à la recherche et développement (R&D) et à l'innovation. On est donc en plein dans le domaine de l'évaluation des politiques publiques mais des politiques particulières, très coûteuses en argent public, avec des conséquences souvent incertaines, à très long terme et sources d'importantes irréversibilités. Autrement dit, ces politiques « *ne sont pas comparables à des politiques publiques classiques* ».

Donc, comment évaluer leur impact ? Le parti pris des fondateurs de la méthode BETA est, qu'étant données l'impossibilité de construire des contrefactuels et la très forte incertitude a priori sur la nature des retombées, il est nécessaire d'opérer une évaluation qualitative basée sur des échanges approfondis avec l'ensemble des acteurs de ces programmes. Il s'agit donc très largement d'interviewer les différents acteurs, de les questionner sur les retombées observées, aussi bien en matière de production de connaissances nouvelles, d'apprentissage, de nouvelles collaborations, de nouvelles méthodes, etc., pour, ensuite essayer de les mesurer en utilisant divers indicateurs. Autrement dit, évaluation qualitative ne signifie pas ici absence de chiffrage. Mais, plutôt que de donner un chiffre unique, il s'agit surtout de comprendre, de développer une typologie des effets (directs et indirects) des grands programmes de recherches et d'en offrir une quantification à minima.

La « méthode BETA » est ainsi une méthode qualitative (mais dont l'objectif reste de chiffrer les effets observés) et en grande partie déclarative. C'est ce qui fait sa richesse. Mais c'est aussi très souvent la cause d'une forme d'incompréhension avec les économistes habitués aux évaluations « standards » des politiques publiques (basées sur la construction d'un contrefactuel). Comme l'évoque le texte, « *la dimension déclarative des enquêtes a également souvent fait l'objet de critiques de la part de chercheurs et consultants habitués à recueillir des données standard réputées « objectives »* ».

Cette opposition entre recherche empirique qualitative versus quantitative renvoie à des questionnements que se posent encore aujourd'hui la plupart des jeunes chercheurs dans le domaine de l'économie/gestion de l'innovation (et sûrement au-delà). D'un côté, dans le domaine de l'évaluation des politiques publiques, les tenants d'une approche quantitative tentent de développer des contrefactuels permettant de mettre en évidence des causalités robustes (le graal en la matière étant les évaluations aléatoires contrôlées). D'un autre côté, les tenants d'une approche plus qualitative reprochent à ces approches leur absence de compréhension des phénomènes étudiés. Pour reprendre l'expression de René Thom, réagissant

à la domination de la mécanique quantique en physique : « c'est le scandale intellectuel du siècle [...] On l'applique mais on ne la comprend pas [...] prédire n'est pas expliquer ». Toujours la confrontation entre une vision instrumentale de la science et une vision à visée compréhensive.

Dans ce débat, les chercheurs de l'axe CSI, et du BETA en général, ont depuis longtemps choisi leur camp, ou plutôt choisi de ne pas choisir, en mobilisant simultanément les approches empiriques qualitatives et quantitatives. Dans le contexte de l'évaluation des politiques publiques d'innovation et de recherche, la méthode BETA a indéniablement le droit à une place au premier rang au même titre que les autres méthodes d'évaluation dont elle est parfaitement complémentaire.

La différence et la complémentarité entre les deux peut s'illustrer au travers du concept d'externalités de connaissances mentionné dans le texte. Les évaluations classiques cherchent « simplement » à mesurer l'intensité des externalités. La « méthode BETA » cherche à comprendre ce qu'il y a derrière ces externalités, quels sont les différents canaux de transmission, comment s'imbriquent-ils, etc., afin, dans un second temps, de les quantifier. Il s'agit donc, pour reprendre l'expression consacrée, d'entrer véritablement dans la boîte noire de l'innovation.

La « méthode BETA » a profondément contribué à coconstruire le programme de recherche en économie/gestion de l'innovation et des connaissances du BETA ces quatre dernières décennies. En effet, la méthode ne consiste pas simplement à appliquer passivement et indifféremment une technique d'évaluation à des projets de recherche (« Cette « méthode » est plus une philosophie d'approche de la mesure de phénomènes qualitatifs et évolutifs - principalement autour de l'idée d'innovation, mais aussi autour d'autres phénomènes liés à la connaissance - qu'un protocole technique applicable à l'évaluation »). Elle doit être adaptée à chaque problème et chaque situation. Sa nature ouverte permet de découvrir de nouveaux problèmes de recherche, de mettre en avant la pertinence de nouveaux concepts et donc s'inscrit véritablement dans une logique de coévolution avec les concepts théoriques mobilisés. Au travers des différents âges du BETA la méthode a ainsi été à l'origine ou permis d'approfondir des concepts absolument fondamentaux dans le domaine de l'innovation : la nature évolutionnaire du changement technologique, l'entropie de Georgescu-Roegen, les connaissances tacites et l'apprentissage organisationnel, les compétences clés (« core competences »), les communautés de connaissances, les réseaux, etc. Autant de concepts qui ont fait la reconnaissance et l'histoire du BETA.

L'article insiste, par exemple, sur le fait que les premiers travaux sur la méthode, dans le cas du programme spatial européen, ont été à l'origine de la tradition évolutionniste du BETA (« La méthode du BETA a ouvert une boîte de pandore de questions relevant de ce qu'on n'appelait pas encore à l'époque l'approche évolutionnaire ou évolutionniste de l'économie, permettant au laboratoire d'inscrire son développement parmi les premiers dans cette orientation nouvelle »). C'est là une illustration remarquable des interactions entre la méthode et les concepts théoriques et du rôle fondateur que la méthode a pu jouer pour positionner le BETA comme l'un des acteurs pionniers de la scène européenne en économie évolutionniste.

Au-delà des thématiques de recherche, la nature fortement consommatrice en ressources et, en particulier, en ressources humaines de la méthode, a également contribué à façonner un collectif de chercheurs en économie-gestion de l'innovation qui perdure encore aujourd'hui. En effet, la dimension qualitative de la méthode la rend difficilement automatisable et donc très

consommatrice en temps et personnels. On est sur une approche plus artisanale qu'industrielle (« *La richesse de la méthode n'a pas eu que des avantages. Sa mise en œuvre est particulièrement lourde. Elle nécessite parfois plusieurs jours d'affilée d'entretiens pour une seule entreprise, avec plusieurs responsables* »). Le gros avantage est que ces ressources contractuelles et humaines (stagiaires, doctorants, etc.) apportées par la méthode ont permis au BETA de construire une masse critique de chercheurs qui se sont formés aux concepts souvent ardu du domaine de l'innovation précisément en appliquant la méthode BETA (« *la liste est longue des jeunes chercheuses et chercheurs du BETA ayant connu leur première expérience de recherche collective à l'occasion d'études d'évaluation [...] c'est indéniablement la vie même du laboratoire et sa structure qui ont été influencées de manière significative sur une longue période qui correspond presque à la durée de vie même du BETA* »).

Enfin, en guise de conclusion, il est impossible de ne pas évoquer l'impact réputationnel de la méthode « BETA », ce nom étant largement reconnu dans les milieux institutionnels, notamment européen. J'ai eu personnellement l'occasion de m'en apercevoir lors d'un workshop il y a un peu plus d'une dizaine d'années à Bruxelles sur l'évaluation des politiques publiques de recherche en Europe. Jeune chercheur j'accompagnais alors Laurent Bach. Et je peux témoigner que l'ensemble des participants à la réunion connaissait et Laurent et la méthode, qu'ils dénommaient spontanément « méthode BETA ». Aussi, le texte fait-il preuve de bien trop de modestie lorsqu'il affirme que « *il n'y a guère qu'en matière de droits de propriétés que l'impact de la méthode pour le BETA est quasi-nul car il n'a jamais été question de rechercher des brevets ou des droits d'auteurs* ». Pas de brevet, ni de droit d'auteur soit, mais une véritable marque, peut être jamais déposée, mais largement reconnue dans les milieux autorisés.

Julien Pénin, 11 janvier 2023

La « Méthode BETA »

Laurent Bach, Jean-Alain Héraud, Sandrine Wolff, Patrick Cohendet

Cette note est consacrée à la présentation de la méthode développée au BETA depuis près de cinquante ans pour évaluer les effets économiques des *grands programmes publics* et des *grandes infrastructures* consacrés à la recherche et développement (R&D). Dès l'origine, au tournant des années 1970 et 1980, en prenant comme modèle le cas du CERN (Centre européen de recherche nucléaire), puis en réalisant un important travail sur l'ESA (Agence spatiale européenne), les chercheurs du laboratoire ont appris sur le terrain à concevoir un outil de mesure principalement axé sur l'interrogation des bénéficiaires de ces programmes. Ce point de départ microéconomique n'empêche pas d'en tirer ensuite éventuellement des enseignements macroéconomiques. On peut parler d'une *méthode microéconomique déclarative approfondie*, pour reprendre le sous-titre de la présentation de Bach, Héraud, Matt (2009), publication consécutive au Colloque « L'évaluation des politiques publiques en Europe : cultures et futurs » qui s'est tenu au Parlement Européen, à Strasbourg, les 3-4 juillet 2008. Chemin faisant, la méthode d'enquête qui a permis de coconstruire avec les experts/acteurs une représentation pertinente de la réalité de l'innovation au plus près des processus créatifs complexes qui la composent, a révélé beaucoup plus qu'une valeur monétaire des effets. Depuis des décennies, la déclinaison de la méthode dans les contextes les plus variés - mesure des retombées des programmes spatiaux nationaux, évaluation des politiques européennes de RDT et de l'action de quelques organismes nationaux de valorisation de la recherche, études d'impact des grandes infrastructures scientifiques et techniques, dispositifs locaux/régionaux, etc. - a confirmé et enrichi les avancées empiriques et théoriques qu'elle portait en germe dès les débuts. Si une activité de recherche a bien rempli sa tâche d'alimenter l'agenda du laboratoire en questions et réponses à la fois *appliquées et théoriques*, c'est bien l'application de la « méthode BETA ».

En effet, derrière cette notion de « méthode », laquelle a beaucoup évolué sur le long terme, se cache en réalité la construction progressive d'un agenda de recherche. Il n'y a pas eu d'abord un agenda, puis l'élaboration d'une méthode, mais une co-construction d'objets et de méthodes à travers des décennies. La « méthode » a accompagné l'évolution épistémique des chercheurs en innovation. C'est à travers elle et sur le terrain des enquêtes qu'ont ainsi émergé comme autant d'évidences des notions évolutionnistes centrales du type « communautés de connaissance », « compétences fondamentales » des organisations, et quelques autres... Une fois construite, cette méthode a par ailleurs acquis une renommée certaine dans les milieux de l'évaluation des politiques.

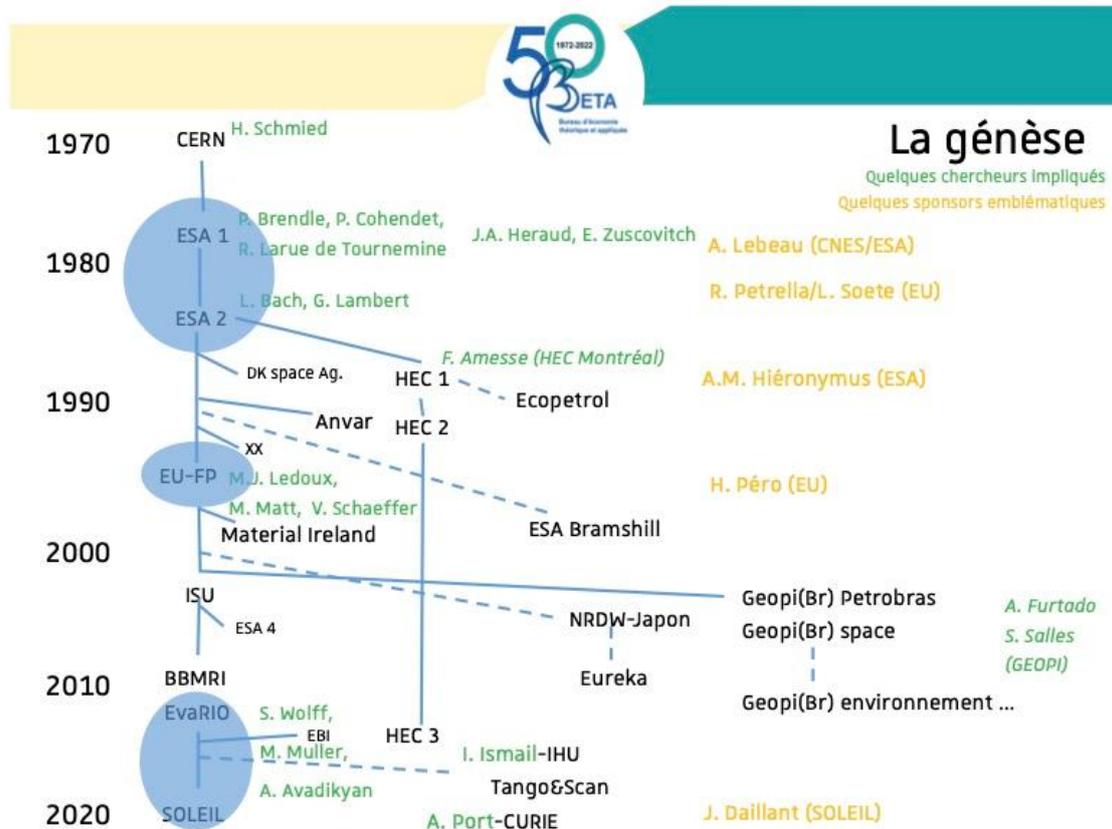
Pour nous résumer, la *méthode d'évaluation du BETA* s'inscrit dans le champ de l'évaluation des politiques publiques, en particulier celle de leur impact, tout en dépassant de facto le champ habituel de l'évaluation¹. La méthode implique par sa dimension microéconomique des entretiens approfondis auprès des acteurs des programmes concernés (entreprises et autres organisations) pour appréhender ex post les effets directs et indirects, des conséquences recherchées ou non de la politique. Ce qui a pu être observé est un ensemble d'*impacts*

¹ Il serait trop long et fastidieux de rentrer ici dans les détails techniques des différentes versions de la méthode BETA; pour l'audience intéressée, ils figurent dans les rapports cités dans le présent document. Une présentation extrêmement précise de la méthode originale et une comparaison avec des approches alternatives par Analyse Coûts-Avantages et Option Réelle sont aussi données dans BETA (2002).

technologiques ou socio-économiques, générés par les processus d'apprentissage variés déclenchés par la réalisation de ces programmes. Comme le travail d'enquête ne s'est pas limité à remplir un questionnaire pré-formaté avec des résultats attendus (méthode très rarement utilisée lors des enquêtes du BETA), il a le plus souvent ouvert des horizons tout à fait nouveaux concernant l'innovation et le développement des organisations, voire des secteurs (diffusion intersectorielle de l'innovation). La méthode apparaît finalement comme « une manière de jeter un pont entre l'approche standard orientée marché et une analyse systémique dans un cadre théorique évolutionniste » (Bach *et al.* 2009, p. 348).

La richesse de la méthode n'a pas eu que des avantages. Sa mise en œuvre est particulièrement lourde. Elle nécessite parfois plusieurs jours d'affilée d'entretiens pour une seule entreprise, avec plusieurs responsables. On peut difficilement imaginer une application à la chaîne sur un très grand nombre d'unités. D'un autre côté, les politiques de recherche et d'innovation ne sont pas comparables à des politiques publiques classiques. Les effets indirects générés par des activités impliquant la construction de connaissances nouvelles exigent beaucoup de réflexion et de prudence dans l'estimation des impacts. Signalons que la dimension déclarative des enquêtes a également souvent fait l'objet de critiques de la part de chercheurs et consultants habitués à recueillir des données standard réputées « objectives ». Pourtant la construction patiente de la « réalité » observée avec les acteurs eux-mêmes est apparue indispensable dans nos travaux. Ce qui est recueilli n'est pas pour autant un simple narratif, car les analyses doivent être aussi calées sur des données comptables et argumentées dans le cadre d'un dialogue serré. Et lorsque la mesure d'un effet pose problème, non seulement empiriquement, mais aussi parfois sur le plan cognitif, une sorte de principe de précaution a, depuis nos premiers travaux, été appliqué : les chiffres que notre enquête produit sont censés constituer une borne inférieure de l'effet étudié. Là encore, ce principe a pu être critiqué, mais nous avons toujours considéré qu'il valait mieux garder une grande prudence et n'avancer que des impacts dont nous sommes certains. Cette démarche que nous jugeons pleinement « scientifique » ne choque pas forcément les chercheurs en sciences dures : apporter une estimation minimale ou maximale d'un phénomène est dans certains cas un beau résultat scientifique. Une mesure a minima s'apparente pour nous à une *preuve d'existence*. C'est en cela aussi que beaucoup de nos résultats se distinguent de ceux d'une évaluation classique - où l'on prétend donner des chiffres précis ou un intervalle de confiance.

Dans les paragraphes qui suivent nous illustrons les propos précédents avec une série d'études qui suivent l'ordre chronologique de leur réalisation par le BETA. Ces études font partie de la longue liste d'études menées par le laboratoire et/ou par des partenaires de recherche, sur des politiques ayant recours à des outils et dispositifs très divers. Le schéma suivant illustre cette genèse et cet historique (les études décrites ci-dessous y sont signalées par un cercle bleu).



1. L'étude de la politique spatiale européenne comme forme de big bang de l'agenda de recherche du BETA

Dans les années 1970 et 1980, lors des travaux effectués sur le programme spatial européen, (l'ESA), puis plusieurs programmes nationaux, on parlait de « retombées » de la politique spatiale, ce qui exprime bien le raisonnement suivant : non seulement la politique poursuivie a atteint l'objectif donné, en ce sens que l'Europe et ses Etats membres se sont dotés de lanceurs ou de satellites, voire de toute une industrie spatiale qui n'existait pas avant, mais de surcroît des **effets supplémentaires** ont été observés comme des applications technologiques dans des domaines non visés par la politique et finalement peu prévisibles. Parmi les retombées typiques, sont à mentionner : la mise au point de nouveaux matériels applicables dans des secteurs non spatiaux ; des systèmes électroniques et logiciels ; mais aussi, comme l'ont révélé les interviews approfondies, de nouvelles formes d'organisation industrielle, des effets de réputation ou des apprentissages collectifs améliorant le facteur humain. L'étude fine des effets microéconomiques a constitué une fenêtre ouverte sur les processus d'innovation et de développement économique.

Les chercheurs du laboratoire ont été confrontés à des questions très classiques que se posent tous les économistes amenés à évaluer des programmes (ou calculer des impacts). En particulier ils doivent proposer leur grille de lecture de concepts comme les effets directs, indirects ou induits, etc. Mais en travaillant d'emblée sur un sujet très créatif et générateur d'innovations majeures, la question des effets d'une politique a pris une dimension singulière.

Ce que le BETA a finalement découvert à l'occasion des tournées d'interviews du secteur spatial dans toute l'Europe c'est une **approche évolutionniste concrète du mécanisme d'innovation**, fondé sur diverses formes de créativité (scientifique, technologique, organisationnelle, commerciale, etc.) qui se déploient au sein des organisations comme entre elles au niveau sectoriel. On a pu constater qu'il n'y a presque jamais de copier-coller à l'identique d'une idée technique. Nous avons aussi appris par la description de tous ces cas de développements socio-techniques et organisationnels qu'il est artificiel de distinguer, comme l'ont fait un certain nombre d'auteurs dans l'après-guerre, *innovation* et *diffusion*, car cette dernière comporte une indéniable dimension créative. Dans certains cas, l'innovation apparaît comme le résultat de la diffusion plutôt que l'inverse. Enfin l'étude de retombées microéconomiques très inattendues des activités déterminées par la commande publique a permis de comprendre ce que sont, profondément, les *externalités* – particulièrement les *externalités de connaissance*. La méthode BETA, comme on le voit, a mené des chercheurs à faire beaucoup plus que de jeter un regard sur une politique publique, elle a ouvert une boîte de pandore de questions relevant de ce qu'on n'appelait pas encore à l'époque l'approche évolutionnaire ou évolutionniste de l'économie, permettant au laboratoire d'inscrire son développement parmi les premiers dans cette orientation nouvelle.

Notons que les recherches effectuées dans les premières années du développement de la méthode BETA ne se sont pas limitées à l'analyse de phénomènes micro ou méso. En effet, nous nous sommes aussi attachés à relier ces mesures à une forme de modélisation macroéconomique (Héraud, Zuscovitch, 1980). Ce faisant, des outils économiques traditionnels comme les multiplicateurs d'activité sont naturellement entrés en compte. Mais leur application a immédiatement soulevé des problèmes majeurs. En particulier, doit-on s'attendre à ce que des commandes publiques dans des domaines très créatifs comme le spatial aient les mêmes effets multiplicatifs qu'une commande publique ordinaire ? Les effets micro mesurés directement font-ils partie de la vague de multiplication intersectorielle ou doit-on les séparer pour éviter des comptes doubles ? Malgré nos précautions méthodologiques, comme celle de mesurer les effets micro en valeur ajoutée et non en chiffre d'affaires, le passage micro-macro reste périlleux. Et ce fut tout le mérite de ces travaux précurseurs que de soulever de bonnes questions !

Au cœur des évaluations du BETA se trouve la distinction entre les deux niveaux d'impact fondamentaux que sont **les effets directs et indirects**. Dans la terminologie que nous avons adoptée, on appelle *direct* un effet économique correspondant à l'objectif de la politique dont les impacts sont évalués, ici la commande politique. Sachant que cette dernière a bien précisé ses objectifs ex ante, les effets déclarés ex post par les bénéficiaires et divers partenaires de la politique peuvent être classés sans ambiguïté dans cette catégorie si c'est le cas. Autrement, on parle d'effets *indirects*, à savoir obtenus de surcroît.

L'exemple type d'un effet direct est la mise au point d'un produit innovant. Les chiffres de vente depuis la mise sur le marché sont alors enregistrés au titre des effets directs de la politique (de la commande publique). Les effets indirects, souvent appelés à l'époque, les « retombées du spatial », sont variés et parfois délicats à cerner. L'expérience a montré (voir BETA, 1989) qu'on peut généralement les classer en quatre catégories :

- *Les effets technologiques.* Leur source est un transfert de technologie (artefacts, connaissance codifiée ou non) vers d'autres secteurs d'activité que ceux explicitement prévus par le programme public.
- *Les effets commerciaux et de réseau.* Ces avantages ne sont pas liés au processus d'apprentissage technologique. Il s'agit par exemple de liens avec des partenaires qui se sont traduits ultérieurement par des relations au-delà du programme. Une catégorie particulière est l'effet d'image : la simple participation à un programme public prestigieux contribue à l'établissement de relations nouvelles. Sur cet exemple, on voit apparaître une des difficultés méthodologiques de la mesure de certains effets indirects : si l'effet d'image a joué, ce dernier n'est peut-être pas responsable à 100% des nouveaux marchés ouverts ; il s'agit alors d'estimer un coefficient à attribuer à ce facteur avant de pouvoir additionner un quelconque chiffre d'affaires correspondant.
- *Les effets en organisation et méthodes (O&M).* Ils correspondent à des formes d'apprentissage organisationnel durablement acquis (productivité, contrôle qualité, systèmes d'information, etc.), ayant permis par la suite de conclure de nouveaux marchés ou de réaliser des économies de coûts.
- *Les effets relatifs au facteur travail.* De tels avantages liés au capital humain constitué ou amélioré grâce à la participation au programme public se traduisent souvent par un effet de masse critique. Il s'agit d'apprentissages individuels mais aussi collectifs. Ainsi, une équipe de haut niveau technologique constituée pour répondre à une commande du programme a pu ultérieurement être réaffectée à d'autres activités qui auraient été inaccessibles sans l'équipe constituée. L'alternative à cet effet serait la dissolution de l'équipe spécialisée à la fin du programme. On peut donc imaginer un contre-factuel.

Sur une quinzaine d'années (de 1964 à 1980)², on estime que les effets économiques indirects des programmes spatiaux européens se sont répartis ainsi : 32% d'effets technologiques ; 43% d'effets commerciaux ; 15% en O&M ; et 10% en capital humain. L'intérêt de ce résultat dépasse la commande initiale au BETA, car non seulement les chercheurs ont pu assurer aux pouvoirs publics que chaque Euro investi par le contribuable avait produit un retour d'impôt direct de 0,75 € au minimum ainsi qu'au moins 2 € de valeur ajoutée supplémentaire dans le reste de l'économie, mais la **typologie des retombées** a constitué une véritable percée en économie et politique de l'innovation. En effet, la littérature des années 1980 insistait énormément sur le concept de *transfert de technologie*, souvent limité au transfert "en l'état" d'un produit, procédé, dispositif ou matériau d'un contexte à un autre (par exemple du spatial vers le non-spatial)³, alors que les travaux du BETA ont montré qu'une majorité des effets d'innovation relèvent de divers mécanismes d'apprentissage que l'on a alors catégorisés comme indirects.

La richesse des informations collectées et la dimension "quali-quantitative" de la méthode a ainsi mis en évidence des processus créatifs qui s'ajoutent aux effets de diffusion. Ces processus d'apprentissage, de plus, peuvent être différenciés selon le rôle des acteurs observés dans le réseau des projets spatiaux.

² Les effets économiques ont été mesurés en ECU (Unité de compte européenne anticipant l'Euro), en monnaie constante aux prix de 1977. Pour simplifier nous parlons en € dans le reste de cette note.

³ Notons que c'est encore le cas de nos jours avec l'importance donnée à des institutions comme les TTO (*Technology transfer offices*)

Une démonstration a été apportée de l'impact des programmes de l'ESA, et plus largement des programmes spatiaux de chaque pays, dans les dynamiques de collaboration ou de transformation organisationnelle et managériales de l'industrie européenne.

2. L'application de la méthode aux politiques du PCRD européen

Après ce que nous venons de dire sur les premiers pas de l'économie de l'innovation au BETA, il n'apparaît pas surprenant que la méthode ait trouvé comme application ultérieure l'évaluation des programmes de RDT de l'UE. Mais il faut bien voir le cap méthodologique que cela a supposé : étudier les effets de différents programmes spatiaux (ESA en Europe, agence canadienne, diverses agences nationales...) revient à analyser l'impact de commandes publiques, tandis que les travaux commandés au laboratoire au tournant des années 1980 et 1990 concernaient l'évaluation d'une politique incitative sous forme de co-financement à des projets de recherche et à l'innovation en réseau. En interrogeant les bénéficiaires de programmes inscrits dans le PCRD 1984-1987, en regardant comment a fonctionné BRITE (Basic Research in Industrial Technologies for Europe) et EURAM (European, Research on Advanced Materials), les chercheurs ont été confrontés à une problématique différente d'étude d'impact. Le plus surprenant est que dans ce nouveau contexte, les enseignements du spatial ont pu être transposés de manière très naturelle. C'est ce qui donne une certaine universalité à la grille de lecture développée à partir du spatial. Le détail des effets directs et indirects est en particulier peu modifié. Il en est de même pour certaines dispositions méthodologiques comme l'évaluation a minima déjà évoquée. Se renforcent également l'importance de la prise en compte de la variété et de la complexité des processus d'apprentissage, celle de la mixité entre connaissances codifiées ou tacites, compétences, savoir-faire dans la génération d'effets, accompagnant en quelque sorte l'émergence des approches de l'économie de la connaissance, autre courant structurant de l'évolution du BETA.

Le rapport BETA (1993) a apporté une importante moisson de résultats, avec l'évaluation d'un échantillon de 176 participants dans 50 projets. **Ici les effets directs apparaissent majeurs par rapport aux effets indirects**, ce qui est naturel pour un programme visant directement la recherche et l'innovation (ce n'est pas une commande publique industrielle comme l'ESA, mais un appui à la R&D par consortium). Néanmoins, presque un quart des effets sont indirects, c'est-à-dire non anticipés. Parmi ces derniers, presque la moitié sont technologiques, mais l'importance des effets en capital humain dans le reste des retombées est à souligner : effets technologiques (48%) ; commerciaux (10%) ; O&M (12%) ; capital humain (30%).

La conclusion qu'en ont tirée Bach et al (2009), c'est que les programmes de recherche pure comme BRITE-EURAM ont beaucoup contribué à la construction de compétences individuelles et collectives valorisables ensuite aussi bien en science qu'en innovation. Les indicateurs habituels donnant particulièrement de relief aux brevets (mesure phare de la connaissance codifiée) tendent à sous-évaluer les progrès de la société de la connaissance obtenus par le biais du capital humain. « *L'innovation en tant que processus de création de connaissance n'implique pas forcément des inventions brevetables. D'ailleurs peu de brevets ont été déposés suite à ces projets. L'apprentissage individuel et collectif, menant à de la connaissance non codifiée, apparaît crucial pour l'innovation et le développement économique induit par les grands programmes de recherche* » (op. cit. p.347). On retrouve ce type de

réflexion de nos jours avec la question de la co-construction des découvertes et innovations de rupture (Héraud, Popiolek, 2022).

3. L'évaluation des impacts des grandes infrastructures scientifiques

La méthode originelle du BETA a, comme nous l'avons vu, beaucoup évolué dans le cadre d'applications aux programmes publics visant à stimuler la R&D des acteurs publics et privés. Depuis une dizaine d'années, elle a été également appliquée à un type différent d'action publique, à savoir la construction et le fonctionnement de grandes infrastructures de recherche (IR). Le tournant décisif fut la participation du laboratoire, en 2013, au projet européen EvaRIO, dans le cadre du programme cadre FP7 (suite à un premier travail pour l'infrastructure de recherche BBMRI). L'histoire de ces développements méthodologiques est décrite dans Bach & Wolff (2017).

Apparemment c'était un peu un retour aux sources dans la mesure où la toute première occasion de travailler à l'évaluation d'une structure publique de recherche a concerné le CERN dans les années 1970. Cependant cette grande infrastructure européenne dans le domaine du nucléaire civil n'a pas tout à fait la nature des IR évaluées dans les années 2010. Autour de ces dernières se retrouve toute une variété d'utilisateurs, chacun venant avec son projet propre, alors que le CERN mobilise surtout une équipe locale pour des agendas de recherche bien délimités. La méthode a dû être adaptée pour passer du contexte de l'évaluation de politiques de stimulation de la recherche par le co-financement des acteurs au contexte des IR - où l'aide publique repose sur la mise à disposition d'équipements, avec les services spécialisés qui y sont liés.

Commençons par définir le concept d'IR tel qu'il est présenté dans le document européen EC (2010). C'est un ensemble de ressources et de services liés qui sont d'une nature rare et spécifique, utilisable par les communautés scientifiques et techniques pour conduire des activités de recherche fondamentales ou appliquées. Ces infrastructures demandent généralement un gros investissement et génèrent des coûts opérationnels considérables, d'où l'intérêt de leur mutualisation à l'initiative des pouvoirs publics. Ce qui doit être évalué ici n'est pas seulement un dispositif physique d'instrumentation, mais aussi des compétences humaines très spécialisées, des ressources digitales et/ou des collections (archives, banques de données, biobanques,...). Comme chaque IR est une combinaison originale de tous ces ingrédients, et que de plus certaines d'entre elles sont distribuées sur plusieurs sites⁴, ou bien sont entièrement dématérialisées, il n'est pas facile de développer un outil d'évaluation universel. L'objectif du projet EvaRIO était, plus modestement, de proposer un cadre de référence permettant de "cartographier" les différents types d'impact, de collectionner des études de cas et de tester la faisabilité d'une méthode d'évaluation, ou plutôt d'un ensemble d'outils d'évaluation.

Comparée à une politique ordinaire de science et technologie, l'IR présente de fortes spécificités :

- Il n'y a pas qu'un aspect de financement, car les utilisateurs bénéficient des services de toute une organisation ;

⁴ Certaines IR reviennent à mettre en réseau des plateformes ou ressources existantes sous forme de guichet unique pour l'accès à des utilisateurs extérieurs.

- L'évaluation s'inscrit dans un temps particulièrement long, en proportion de la durée de vie des IR (alors qu'un programme de stimulation de la R&D est prévu pour une durée clairement précisée) ;
- Il y a une riche variété d'acteurs impliqués, en fonction de phases ou de fonctionnalités comme la conception, la construction, le fonctionnement, l'utilisation, le démantèlement, etc.

Les services fournis et les apprentissages réalisés à toutes les étapes chez tous les partenaires (fournisseurs, utilisateurs, opérateurs de l'IR...) génèrent un flux permanent de valeur qu'il s'agit d'évaluer dans toute sa variété qualitative. Globalement, la méthode doit tenir compte de la montée en complexité de l'objet de l'évaluation en repensant plusieurs hypothèses de travail :

- Aux habituels effets d'apprentissage, il faut ajouter une dimension systémique plus profonde, à travers la notion de *capacité organisationnelle* des acteurs ; et l'effet de l'IR sur les organisations participantes consiste dans certains cas en une transformation complète de leur structure.
- L'évaluation doit elle-même définir ses limites (période temporelle, liste des acteurs, ressources considérées), dans la mesure où elles ne sont pas prédéfinies comme c'est le cas dans un programme public de financement de la recherche.
- La distinction entre effets directs et indirects doit être revisitée : les IR étant des organisations dédiées à la recherche (y compris très fondamentale), et non des projets de R&D avec un horizon et des objectifs bien définis, la ligne de démarcation entre ce qui a été anticipé ou non ne fait plus guère de sens⁵.

En matière de référence théorique, les expériences d'évaluation à long terme des grandes infrastructures ont en fait amené l'équipe de chercheurs du BETA à prolonger les liens entre **l'approche BETA et les développements de l'économie de la connaissance**, et à se référer à une autre approche évolutionniste, à savoir la tradition influencée par Prahalad & Hamel (1990), avec leur concept de compétence fondamentale (*core competence*) des organisations, et développée par Teece *et al* (1997) qui proposent le concept de capacités dynamiques (*dynamic capabilities*).

Les *capacités* comprennent des *ressources* telles des connaissances, des savoir-faire spécifiques, des actifs relationnels, des formes de réputation... Elles comprennent aussi des sortes de méta-ressources (*compétences*), à savoir des capacités de combinaison et d'exploitation des ressources élémentaires précédentes. Un troisième niveau correspond à la faculté de faire évoluer les ressources pour permettre à l'organisation de relever les défis et de s'adapter à un environnement modifié (*capacités dynamiques*).

3.1 La méthode BETA-EvaRIO

Cette méthode, développée à l'occasion de l'expérimentation sur les grandes infrastructures européennes, fournit un schéma d'interprétation des effets de l'IR, en distinguant les mesures de *flux* (budgets et contrats de R&D, ventes de produits innovants, gains de coûts, etc.) et celles de capacités qui ont la dimension de *fonds* (au sens de Georgescu-Roegen, 1971). Un flux est

⁵ A l'extrême limite, toute découverte, production scientifique ou technologique relève de la mission de l'IR, mais cette création de connaissance ne peut pas être anticipée et encore moins précisée à l'avance sous forme d'objectifs.

un résultat observable dans une période donnée de temps, alors qu'un fonds est un actif valorisable dans les périodes futures (et observable à un instant donné)⁶.

La cartographie des effets se concentre sur trois types d'acteurs : les constructeurs, les opérateurs et les utilisateurs d'IR, en articulant :

- Les *effets directs*, qui sont ceux espérés par les concepteurs et recherchés par les utilisateurs, correspondent à la fonction première de l'IR : mettre à disposition des ressources nécessaires à la réalisation d'un projet de R&D. Mesurer les effets directs revient alors à évaluer le volume (ou flux) d'activité de ces projets, c'est-à-dire leur **empreinte économique** (*economic footprint*). Dans le cas d'un fournisseur, on retrouve le montant de la commande d'équipement destiné à l'IR. Dans le cas d'un utilisateur, cela revient à évaluer le budget des projets de recherche utilisant l'IR (subvention, contrat, etc).
- Les effets de *capacité*, qui se révèlent dans le temps, sans avoir été clairement anticipés ni dans leur nature ni dans leur volume, correspondent à l'**expérience acquise** par les différents acteurs **lors de leur activité sur l'IR**. Difficilement quantifiables, les gains de capacité s'évaluent via des critères qualitatifs et une batterie d'indicateurs ad hoc⁷. Dans le cas des utilisateurs, il s'agit d'identifier les apprentissages techniques, l'acquisition de méthodes de travail, la construction d'une réputation, l'extension du réseau de partenaires potentiels, etc.

Ces effets doivent être pris en considération comme une source potentielle de bénéfices futurs. En effet la capacité nouvellement acquise représente un fonds susceptible d'être exploité, soit dans le même contexte, soit dans un contexte « hors IR ». Deux nouveaux types d'effets en découlent :

- Les *effets de performance*, correspondant à l'exploitation des capacités acquises dans le cadre d'un nouveau projet mobilisant la même IR. Pour un utilisateur, il s'agit par exemple du flux de bénéfices (comme un gain de temps) réalisés si l'utilisateur revient faire de la recherche sur l'IR.
- Les *effets indirects* sont les bénéfices dus aux capacités construites, mais réalisés en dehors de l'IR, c'est-à-dire au-delà du projet de R&D initial. On trouve des résultats (découvertes, inventions, innovations...) du même domaine technique, mais réalisés ailleurs que sur l'IR. On trouve aussi des retombées dans d'autres domaines, des impacts sociétaux, etc.

Les capacités créées lors de la réalisation de l'infrastructure ou de son usage s'inscrivent dans les catégories observées de longue date par le BETA. Elles peuvent être scientifiques et techniques (S&T), organisationnelles (O&M), résiliantes (capacité à s'inscrire dans des réseaux de partenariat) ou réputationnelles (valorisables en termes de marketing). La cinquième

⁶ Le capital productif d'une entreprise entre dans cette catégorie, mais le stock de connaissances accumulées (et articulées avec pertinence) constitue aussi un fonds, un actif précieux pour l'avenir qui amène potentiellement des flux de bénéfices dans les périodes futures.

⁷ Par exemple, un accroissement de la diversité disciplinaire/géographique/institutionnelle des co-publiants d'un acteur donné reflète une extension de sa capacité à collaborer.

catégorie, le capital humain, est un peu particulière : c'est une méta-capacité qui permet de mieux exploiter les autres capacités (cf. la notion de *capacités dynamiques*).

La méthode BETA-EvaRIO n'a pas été implémentée complètement, mais les 10 études de cas réalisées dans le domaine biomédical montrent la grande richesse et la variété des effets à tous les niveaux et pour toutes les catégories d'acteurs. Elles montrent aussi la pertinence et l'importance des effets de capacité, notamment la capacité S&T et de networking dans le cas des opérateurs, ainsi qu'un fort effet réputation pour les utilisateurs et les fournisseurs d'IR. Enfin - et ce n'est pas là leur moindre contribution - ces études ont fourni un terrain propice à l'analyse de thématiques centrales du BETA, sur la créativité scientifique et l'émergence de communautés de savoir, pour les membres de l'équipe (Avadikyan et al. 2014, Avadikyan & Müller 2016 ; Moratal-Ferrando 2019).

3.2 La collaboration du BETA avec le synchrotron SOLEIL

L'histoire de la méthode BETA-EvaRIO ne s'arrête pas là. Elle a poursuivi son chemin avec des développements ultérieurs, comme la thèse d'Imad Ismail en 2015, ou encore la collaboration avec l'EMBL, European Bioinformatic Institute. De fait, elle est entrée dans une nouvelle phase depuis janvier 2019, date à laquelle le BETA a signé une convention de collaboration avec la direction du synchrotron SOLEIL, afin d'élaborer une approche et des outils adaptés à l'étude de l'impact du synchrotron.

D'ores et déjà, les travaux préliminaires ont permis d'élaborer un cadre, une architecture globale d'effets qui distingue, dans la continuité directe de BETA-EvaRIO, d'une part des effets d'apprentissage (effets de capacité, de performance et effets indirects), et d'autre part des effets de type *empreinte économique*. Ces derniers permettent de faire le lien avec des méthodes plus classiques d'études d'impacts (par exemple celle des effets multiplicateurs des dépenses liées au synchrotron utilisant la matrice de Leontief). Quant aux premiers, les effets d'apprentissage, ils sont au cœur des développements en cours et comportent des enjeux méthodologiques importants.

Le premier de ces enjeux est de cibler spécifiquement les apprentissages collectifs et le niveau d'analyse méso-économique, en cherchant à évaluer l'impact de SOLEIL, non pas sur des utilisateurs ou acteurs individuels mais sur des **réseaux** d'acteurs ou sur des **communautés** utilisatrices (sans oublier le possible impact retour des dites communautés sur l'IR elle-même). Pour cela, les outils de théorie des graphes sont mobilisés parallèlement aux approches qualitatives fondées sur de très nombreux entretiens.

Un second enjeu est d'automatiser en partie la méthode, entre autres à l'aide de questionnaires sur-mesure adressés à l'ensemble des industriels concernés (fournisseurs et utilisateurs), de collectes de données secondaires et de traitements économétriques ou algorithmiques. Il en découle une amélioration de la reproductibilité et du transfert de certains outils aux responsables de l'IR ainsi qu'à d'autres parties prenantes.

Le troisième enjeu est de véritablement **co-construire** avec la direction de SOLEIL une approche d'évaluation d'impacts d'une IR sur le long terme. Outre la pertinence accrue des outils co-développés, cette collaboration sur plusieurs années contient en germe la possibilité de passer d'une méthode d'évaluation ex post à une évaluation régulière voire itérative : entre t et $t+1$, c'est à-dire 10 ans après la construction de l'IR, entre $t+1$ et $t+2$ soit avant et après l'*upgrade* de l'accélérateur, et ainsi de suite.

Conclusion

Ce rappel de 50 ans de développement de ce qu'on appelle maintenant la « méthode BETA » nous aura permis de souligner la fertilité d'une démarche de très longue durée appliquée à des domaines différents, sans intention de figer une fois pour toute une forme procédurale. Cette « méthode » est plus une philosophie d'approche de la mesure de phénomènes qualitatifs et évolutifs - principalement autour de l'idée d'innovation, mais aussi autour d'autres phénomènes liés à la connaissance - qu'un protocole technique applicable à l'évaluation. Ainsi, nous avons beaucoup mobilisé des termes comme effets *directs* et *indirect* pour distinguer des impacts de nature différente, mais nous ne cherchons pas à en donner des acceptions définitives, et encore moins à poser un copyright. D'une étude du BETA à l'autre, ces notions ont reçu un contenu différent, et nous n'évoquons même pas ici ce que l'abondante littérature sur l'évaluation des effets des politiques a produit comme définitions des qualitatifs « direct », « indirect », « induit », etc.

Ce qui est important à souligner c'est qu'au gré de l'application évolutive de l'outil, un important stock d'observations de terrain a été généré, éclairant des concepts fondamentaux de l'économie comme les *spillovers* de recherche et même plus généralement le concept d'*externalité*. La longue histoire des applications de la méthode BETA a démontré l'existence et plus ou moins bien repéré la valeur d'une multitude d'externalités de connaissance.

Il est tentant d'esquisser un bilan de l'impact du développement et de l'utilisation de la méthode sur le BETA lui-même et ses membres, comme une forme de démarche réflexive, ou *endoformative* selon le vocabulaire des évaluateurs. D'une manière figurée on pourrait presque parler d'un exercice de « pastiche » quand on observe les extensions successives de la méthode à des contextes différents, par des générations de chercheurs.

Nous tenterons pour finir une application de l'esprit de la méthode à l'impact de ces études sur le laboratoire lui-même. On peut distinguer en la matière des impacts directs et indirects.

Les effets **directs** supposent la définition d'objectifs. La réalisation d'études en tant que telles, l'obtention de ressources financières pour le laboratoire, et le développement de connaissances "certifiées" s'imposent dans une telle perspective. Les « effets directs » de telles études sur le laboratoire sont avérés: au moins une trentaine d'études (cf la Figure au début de cette note), une part non négligeable des ressources contractuelles du laboratoire (dépassant très largement les dotations institutionnelles), de nombreuses publications dans des revues à comité de lecture et dans des ouvrages, des communications en colloques à foison, une dizaine de thèses... il n'y a guère qu'en matière de droits de propriétés que l'impact de la méthode pour le BETA est quasi-nul car il n'a jamais été question de rechercher des brevets ou des droits d'auteurs !

En revanche ce sont les effets **indirects** qui sont sans doute les plus riches et les plus structurants à long terme, même s'ils n'ont pas fait massivement l'objet de commandes explicites. En matière d'*effets technologiques*, on peut citer les évolutions de la méthode elle-même et les "spin-offs" de celle-ci irriguant différents travaux d'évaluation au BETA, chez des partenaires de recherche, ou dans d'autres structures de recherche. A citer également, les développements autour de certains concepts et idées, comme le facteur « masse critique », le rôle des « communautés », etc. L'effet indirect des études sur le laboratoire a aussi pris la forme de *compétences individuelles*, grâce à des centaines d'entretiens dans une trentaine de pays. Une

partie de l'image du BETA liée à l'évaluation, notamment dans le spatial, auprès de l'UE ou de l'OCDE (BETA, 2002; Cohendet, 1997) témoigne de l'existence indéniable d'*effets de réputation*, illustrée également par les nombreuses sollicitations pour des présentations, des jurys de thèse et bien sûr de nouvelles études. L'installation de l'*International Space University* à Strasbourg est aussi en partie une conséquence de cette réputation. Les *effets réseaux* sont également extrêmement importants, en partie à l'origine des liens historiques du BETA avec HEC Montréal (Amesse et al., 2002; Ricard et al., 2015) avec le groupe GEOPI de l'Université de Campinas (Furtado et al. 1999), avec différents acteurs du réseau des évaluateurs européen etc, sans compter la clé d'entrée à titre personnel dans différents réseaux pour nombre de membres du BETA. La mise en œuvre de la méthode à l'occasion de grands contrats internationaux a également concouru à l'expérience du BETA en termes de montage et gestion de projets, de gestion de contrats, d'organisation du travail, de techniques d'analyses de données, d'animation de groupes de travail, et elle a généré des *effets d'organisation et de méthodes*.

Last but not least, les effets indirects sur le *facteur travail* dominant ce rapide bilan : la liste est longue des jeunes chercheuses et chercheurs du BETA ayant connu leur première expérience de recherche collective à l'occasion d'études d'évaluation. Des équipes de recherche créées à cette occasion ont été amenées à travailler aussi sur d'autres sujets et des collaborations se sont poursuivies entre membres dans des configurations de personnels souvent évolutives. C'est indéniablement la vie même du laboratoire et sa structure qui ont été influencées de manière significative sur une longue période qui correspond presque à la durée de vie même du BETA.

Références bibliographiques

Amesse, F., Cohendet, P., Poirier, A., & Chouinard, J. M. (2002) : “Economic effects and spin-offs in a small space economy: the case of Canada”. *The Journal of technology transfer*, 27(4), 339-348.

Avadikyan, A., Müller, M. (2017): « Management of creativity in a large scale research facility » in *Global Management of Creativity in the Digital Age*, (eds) Marcus Wagner, Jaume Valls-Pasola et Thierry Burger-Helmchen, 140-158.

Avadikyan A., Bach L., Lambert G., Lerch C., Wolff S. (2014): « Dynamique des modèles d'affaires et écosystème : le cas des synchrotrons », *Revue d'Economie Industrielle*, n°146, 2eme trimestre: Écosystèmes et modèles d'affaires, 153-186.

Bach, L., Lambert, G., Schachar, J., Cohendet, P., & Ledoux, M. (1989): « Les transferts de technologies spatiales en Europe ». In *Proceedings of the ESA / Eurospace workshop Promotion of European Space Technology Transfer* (Vol. 1122, p. 11), mai 10-11, Versailles.

Bach, L., Cohendet, P., Lambert, G., Ledoux M.J., (1992): «Measuring and Managing Spinoffs : The Case of the Spinoffs Generated by ESA Programs », in J.S. Greenberg, H.R.Hertzfeld (eds), *Space Economics*, Progress in Astronautics & Aeronautics, Vol. 144, AIAA, New York.

Bach, L., Cohendet, P., & Schenk, E. (2002): “Technological transfers from the European space programs: A dynamic view and comparison with other R&D projects”. *The Journal of Technology Transfer*, 27(4), 321-338.

Bach, L., Héraud, J.-A., Matt, M. (2009): « L'évaluation des effets économiques des grands programmes publics de R&D. Les apports d'une méthode microéconomique déclarative approfondie », in Fouquet & Méasson (eds), 2009, op cit, 337-349.

Bach, L., Wolff, S. (2017): « The BETA-EvaRIO impact evaluation method: towards a bridging approach?», *Journal of Technological Transfer* (DOI 10.1007/s10961-017-9603-y).

BETA (1989): *Analyse des mécanismes de transferts des technologies spatiales : le rôle de l'Agence spatiale européenne*, Rapport final du contrat de recherche pour le compte de l'ESA, Strasbourg, juin.

BETA (1993): *Economic evaluation of the effects of the Brite-Euram programs on the European industry*, Rapport final du contrat de recherche EUR 15171, CEC, Luxembourg.

BETA (2002): "Market -oriented case study" in Georghiou, L., Rigby, J., Cameron, H. (ed) (2002). *Assessing the socio-economic impacts of the Framework Programme (ASIF Report for EU)*, The University of Manchester, 226-281, available online at https://repository.fteval.at/id/eprint/286/1/2002_Assessing%20the%20Socio-Economic%20Impact%20of%20the%20Framework%20Programme.pdf

Cohendet, P. (1997): “Evaluating the industrial indirect effects of technology programmes: the case of the European Space Agency (ESA) programmes”. In *Proceedings of the OECD Conference “Policy Evaluation in Innovation and Technology”*, July, Paris. Available online <http://www.oecd.org/dataoecd/3/37/1822844.pdf>.

EC (2010): *A vision for strengthening world-class research infrastructures in the ERA*. Bruxelles: European Commission.

Fouquet, A., Méasson, L. (eds.) (2009) : *L'évaluation des politiques publiques en Europe. Cultures et futurs*. Paris : L'Harmattan et Société Française de l'Evaluation.

Furtado, A., Suslick, N., Pereira, N.M., De Freitas, A., Bach, L. (1999): "Economic Evaluation of Large Technological Programmes : The case of Petrobras's Deepwater Programme in Brazil – Procap 1000", *Research Evaluation*, Vol.8, n°3, décembre 1999.

Georgescu-Roegen, N. (1971): *The entropy law and the economic process*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Héraud, J.-A., Zuscovitch, E. (1980): *L'incidence fiscale des activités de l'Agence spatiale européenne*, Strasbourg : BETA (3 volumes, dont un résumé en janvier 1981).

Héraud, J.-A., Popiolek, N. (2022): "Research management models to promote breakthrough innovation: success case studies to highlight the value of simultaneous discovery-invention research orientation ", BETA: Document de Travail 2022-12, avril.

Ismail, I. (2016): « Evaluation of the socio-economic impacts of innovative hybrid surgical techniques: Methodological developments and application to the IHU Strasbourg ». Thèse de doctorat sous la direction de Swanström L. et Wolff S., Université de Strasbourg.

Moratal-Ferrando, N. (2019): «The Role of Large Research Infrastructures in Scientific Creativity », Thèse de Doctorat sous la direction de Wolff S., Université de Strasbourg.

Prahalad, C.K., Hamel, G. (1990): "The core competence of the corporation", *Harvard Business Review*, 68(3), 79-91.

Ricard, W., Grandadam, D., Prado-Saldanha, F., Cohendet, P., & Stojak, L. (2015): "A new perspective on innovation in space and its implications on the tools and measures used to assess the indirect impacts of public investment in the space sector". *New Space*, 3(2), 87-91.

Teece, D.J., Pisano, G., Shuen, A. (1997): "Dynamic capabilities and strategic management", *Strategic Management Journal* 18(7), 509-533.