

TROIS CADRES POUR LA POLITIQUE DE L'INNOVATION: R&D, SYSTÈMES D'INNOVATION ET CHANGEMENT TRANSFORMATEUR

Johan Schot, W. Edward Steinmueller

Science Policy Research Unit (SPRU),
University of Sussex

Trois Cadres pour la Politique de l'Innovation: R&D, Systèmes d'Innovation et Changement Transformateur

Johan Schot

W. Edward Steinmueller

Science Policy Research Unit (SPRU)¹

University of Sussex

¹ Unité de Recherche sur la politique scientifique (SPRU), Université de Sussex, Royaume-Uni

Résumé

La politique de la science, la technologie et l'innovation (STI) est influencée par des cadres persistants qui émergent du contexte historique. Deux cadres sont identifiés comme coexistants et dominants dans les discussions sur les politiques d'innovation contemporaines. Le premier cadre est identifié comme débutant après la seconde guerre mondiale, avec une institutionnalisation du soutien gouvernemental pour la science et la R&D sous la présomption que cela contribuerait à la croissance et adresserait la défaillance du marché dans la provision privée de nouvelles connaissances. Le deuxième cadre émergea dans le contexte de la globalisation du monde des années 1980 et son accent sur la compétitivité, et est façonné par les systèmes nationaux d'innovation pour la création et la commercialisation des connaissances. La politique STI focalise sur la création de liens, de groupements, de réseaux, et la stimulation de l'apprentissage entre les composants des systèmes, et la facilitation de l'entrepreneuriat. Un troisième cadre, lié aux défis sociaux et environnementaux contemporains tels qu'ils sont les Objectifs de Développement Durable et appelant au changement transformateur, est identifié et se distingue des deux cadres précédents. Transformation fait référence au changement sociotechnique du système tel que conceptualisé dans la littérature sur la transition vers la durabilité. La nature de ce troisième cadre est examinée dans le but d'identifier ses caractéristiques principales et son potentiel à inciter un réexamen des deux cadres précédents. L'une des caractéristiques clés concerne son focus sur l'expérimentation et l'argument que les pays du Sud n'ont pas à s'engager dans un exercice de rattrapage pour adopter le modèle de transformation du Nord. Il est argumenté que les trois cadres sont pertinents pour l'élaboration de politiques, mais explorer les options pour une politique de l'innovation transformatrice doit être une priorité.

Mots clés

Transformation

Objectifs de Développement Durable

R&D

Systèmes Nationaux d'innovation

Politique d'innovation

Points Principaux de la Recherche

- Un troisième cadre émergent, pour une politique d'innovation transformatrice, est identifié et distingué des deux cadres antérieurs (R&D couplés à la réglementation; systèmes nationaux d'innovation et entrepreneuriat)
- Les caractéristiques clés du troisième cadre sont un besoin de changement des systèmes sociotechniques. La politique publique devrait focaliser sur l'anticipation, l'expérimentation, la participation, et la directionnalité dont la compréhension, pour chacun de ces termes, diffère des compréhensions passées
- Il est argumenté qu'il est possible d'atteindre les Objectifs de Développement Durable grâce aux cadres existants
- Le développement d'une politique d'innovation transformatrice a des implications pratiques pour la planification et la mise en oeuvre de politique qui mérite une considération plus large par la communauté spécialisée en études sur l'innovation.

1 Introduction

Les politiques publiques, dont celles concernant la science et la technologie, émergent de la compréhension des expériences passées, accompagnée d'actions et de réflexions sur les défis contemporains et les perceptions de potentiels d'actions futures. Le passé, le présent, et le futur, sont connectés de façon interprétative par les

chercheurs en politiques publiques et les professionnels, ainsi que beaucoup d'autres, afin de guider l'analyse et l'action. Ces connections interprétatives produisent des cadres rigoureux : interprétation des expériences, organisation des circonstances présentes, et imaginations des potentialités futures, qui créent les fondations de l'analyse et de l'action politique et forment les attentes concernant les potentialités et opportunités (Goffman, 1974; Benford and Snow, 2000; Taylor, 2003). Ces cadres évoluent au fil du temps et changent lorsqu'ils sont perçus comme inadéquates aux circonstances actuelles. Comme ils influencent les imaginaires des populations, ils s'étendent également au delà de la sphère de la politique publique, pour influencer la mobilisation et les activités des organisations non-gouvernementales ainsi que celles des entreprises privées, et même les familles et individus. Certains ont argumenté que "la réflexion sur le cadre " peut entraver l'action. Après Schön et Rein (1994) nous pensons le contraire: il est nécessaire d'engager une réflexion sur les cadres afin de concevoir et mettre en oeuvre des solutions politiques efficaces pour des problèmes politiques complexes.

La croissance économique moderne est générée par une collection de systèmes sociotechniques basés sur la production industrielle de masse et la consommation individualisée de masse qui, utilisent très largement les énergies fossiles, sont intensives en ressources et en énergies, et produisent une large quantité de déchets. Malgré des améliorations importantes dans l'espérance de vie et le bien-être matériel dans de nombreux pays, des problèmes persistants de crises économiques et d'inégalités croissantes coïncident avec une réalisation grandissante que les systèmes sociotechniques destinés à servir nos besoins de base actuels - qu'il s'agisse de nourriture, d'énergie, de mobilité, de matériaux, d'eau, ou plus généralement de ressources - sont insoutenables. Bien que les cadres disponibles de politiques de la science et la technologie qui ont évolué depuis la deuxième guerre mondiale demeurent pertinents, ils offrent peu de direction pour gérer les conséquences négatives substantielles des systèmes sociotechniques de la croissance économique moderne auxquelles ils ont contribué et dont ils font parties.

Nous considérons qu'il est temps d'articuler plus rigoureusement et d'expérimenter en pratique un cadre pour la politique de la science, la technologie et l'innovation qui privilégie le changement de système sociotechnique. Trois cadres liés à la politique de la science et de la technologie peuvent être délimités, dont deux sont disponibles et employés systématiquement dans le discours et l'action politique. Chacun de ces cadres implique un modèle d'innovation qui définit le rôle des acteurs et décrit les actions qui doivent être prises pour adresser des objectifs qui font également parti des cadres que nous examinons. Le troisième cadre, qui adresse le changement sociotechnique, demeure sous-développé, même si des discussions politiques existent en arrière plan depuis de nombreuses années; il a été récemment reconnu par l'OCDE (2015; mais voir aussi Steward, 2012, Weber and Rohrer, 2012 and Frenken, 2017).

Le premier cadre est centré sur l'innovation pour la croissance, faisant appel au potentiel des sciences et des technologies pour la prospérité et encourageant les systèmes sociotechniques orientés vers la production et la consommation de masse. Il est apparu lorsque l'accent sur la croissance économique moderne émergea, dont deux caractéristiques que Kuznets (1973) identifia comme centrales étaient une industrie fondée sur la science et une amélioration soutenue de la productivité de facteur². En termes de politique de la science, de la technologie et de l'innovation, ce cadre demeura toutefois tacite ou inexprimé jusqu'à la seconde guerre mondiale après laquelle il fut approfondi pour créer une nouvelle vision du rôle de l'Etat dans les écrits de Vannevar Bush (1945) et d'autres.

Le deuxième cadre - les systèmes nationaux d'innovation - émergea dans les années 1980 ans le but d'adresser certaines des conséquences, pour les états nations individuels, de leur expérience avec la croissance économique moderne : l'intensification de la concurrence internationale, la globalisation, la perspective d'être

² Kuznets (1973) identifia six caractéristiques définissant la croissance économique moderne. Les quatre autres sont la croissance rapide de la population, la transformation structurelle (principalement l'urbanisation et le passage de l'agriculture à l'industrie et ensuite aux services), les changements idéologiques (par exemple, la sécularisation), l'étendue du champs d'action global (ce qui aujourd'hui fait en partie référence à la globalisation) et la persistance du sous-développement (à l'époque de l'article de Kuznets, la persistance de l'absence de croissance moderne parmi les trois quarts de la population mondiale).

laissé en arrière, et la promesse de rattrapage. Similairement au premier cadre, certaines caractéristiques du deuxième cadre étaient présentes de façon non-articulée dans les premières années avec davantage d'influence dans la pratique que dans le raisonnement ou la théorie de la politique de la science, la technologie et l'innovation. Cet article articule les deux raisonnements plus clairement et les place dans leur contexte historique.

Un troisième cadre - le changement transformateur - est en formation et ses contours sont devenus plus clairs ces dernières années. Les aspirations à un changement transformateur ont été capturées plus récemment par les Objectifs de Développement Durable de l'ONU, publiés en 2015. Ils incluent éliminer la pauvreté et réduire l'inégalité sous toutes ses formes, établir des modes de consommation et de production durables, lutter contre les changements climatiques, et beaucoup d'autres³. Ce troisième cadre implique une interrogation sur la façon dont la politique de la science et de la technologie peut être utilisée pour servir les besoins sociaux et adresser les questions de sociétés durables et inclusives à un niveau plus fondamental que les cadres précédents ou leurs idéologies et pratiques associées.

L'émergence d'un nouveau cadre ne remplace pas nécessairement les cadres existants. Toutefois, les cadres sont en concurrence les uns avec les autres dans l'imagination des décideurs politiques et, à la finale, des citoyens. La légitimité des raisonnements et des arguments pour les politiques et les actions particulières qui en dérivent est influencée par la prévalence et la compréhension de ces cadres. Notre objectif dans cet article est d'examiner le développement historique des trois cadres, en illustrant comment chacun émergea en réponse au débat scientifique, en relation aux circonstances sociales et économiques changeantes. A la finale, nous soutenons que la recherche, l'expérimentation, et la réflexion sur le troisième cadre doit être une priorité dans toute considération de politique de la science, la technologie, et l'innovation actuelle, en bref politique de l'innovation, étant donné que, pour nous, l'innovation couvre le processus entier de la découverte scientifique d'innovation à l'utilisation. Toutefois, nous n'argumentons pas que les premier et second cadres sont devenus superflus; ils ont leur propre raisonnement, qui est toujours pertinent aujourd'hui et peut être aussi amélioré. La pratique actuelle reflétera des mélanges de cadres. Une discussion et une confrontation plus approfondies des cadres et un processus de réflexion critique sur les cadres de la part des universitaires et des décideurs politiques sont toutefois importants et attendus depuis longtemps, vu que les cadres ont des impacts prépondérants sur la pratique. Cet article de discussion vise à alimenter et contribuer à cette réflexion critique et, à la finale, espère inspirer de nouvelles pratiques politiques (Schön and Rein, 1994).⁴

2 Cadre 1: Innovation pour la Croissance

Les préoccupations sur le futur des économies industriellement développées se sont manifestées à la suite de la Deuxième Guerre Mondiale. Le potentiel d'une réémergence du chômage, de l'inflation, et de l'instabilité économique, était craint et les rôles de l'état dans la mobilisation et la conduite de l'effort de guerre légitima l'intervention étatique qui avait au préalable été considérée avec scepticisme, particulièrement dans les contextes Britanniques et Américains. Une variation substantielle entre les pays dans l'appui de l'état à la recherche et développement (R&D) existait avant la guerre, mais à quelques exceptions, telle que la recherche sur l'agriculture aux Etats-Unis et en Europe, ces efforts étaient une conséquence directe du rôle de l'état dans des activités particulières, telles que la défense, les télécommunications, la recherche médicale, les études géologiques, et les travaux de génie civil (Tindemans, 2009; Mowery et Rosenberg, 1989). Au sortir de la guerre et, en raison de la Guerre Froide qui s'ensuivit, il y eut un enthousiasme pour un rôle étendu de l'état dans la conduite de la recherche scientifique qui devait garantir la paix et apporter des bénéfices industriels. Les instituts de recherche de défense poussèrent pour le transfert de leur recherche au-delà des marchés militaires (Galison and Hevly, 1992).

Un large consensus émergea sur le fait que l'état pourrait et devrait jouer un rôle actif dans le financement de la recherche scientifique, sur la base que les nouvelles découvertes scientifiques passeraient dans la pratique

³ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/> Accédé le 04/05/2020.

⁴ Avec d'autres chercheurs, les deux auteurs ont établi une nouvelle initiative intitulée le Consortium sur la Politique de l'Innovation Transformatrice (TIPC, Transformative Innovation Policy Consortium) qui vise à stimuler et faciliter l'expérimentation politique, voir <http://www.tipconsortium.net/about/>

avec la R&D appliquée par le secteur privé. Il était également reconnu que la science apportait des contributions substantielles à la modernisation de l'industrie - remplaçant les pratiques et traditions artisanales avec une continuation et une intensification de la gestion scientifique telle qu'exprimée dans le Taylorisme et le Fordisme

L'attention à ces questions de recherche appliquée et de développement technologique et leur traitement comme un investissement par les entreprises suggéra des lacunes, déplaçant l'accent d'avant-guerre sur l'invention qui privilégiait les découvertes et les découvreurs. Pour que ces investissements soient amortis, la commercialisation de l'invention était nécessaire. La commercialisation aurait seulement lieu si une invention était achetée par un nombre significatif de clients. En pratique, le cadre décrivant les origines et la nature de l'invention, hérité du passé, était en phase de mutation. Initialement, cela impliquait une attention sur la R&D comme investissement et souleva des questions sur le taux d'adoption (ou trajectoire de diffusion) de nouveaux produits. Afin de capturer ces processus et de distinguer l'invention des processus plus complexes de recherche appliquée, développement, et commercialisation, le mot innovation commença à être employé⁵. La définition la plus simple d'innovation dans ce contexte est la commercialisation d'une invention⁶.

A la fin des années 1950, l'imagination populaire favorisant les bénéfices économiques de la science provoquèrent un réexamen du rôle de la connaissance scientifique et technologique des points de vue empirique et théorique. Empiriquement, la relation entre les facteurs de production et le produit de la croissance économique fut réexaminée par Abramovitz (1956), Solow (1957) et d'autres. Abramovitz et Solow démontrèrent que la contribution du travail et la croissance du capital étaient loin d'expliquer la production économique, laissant un large résidu que Solow attribua au changement technologique et auquel Abramovitz fit référence comme "une sorte de mesure de notre ignorance sur les causes de la croissance aux Etats Unis" (p.11). En terme de politique de la science et de la technologie, ce travail confirma les bénéfices que la science apportait à l'économie. Ces conclusions furent renforcées par l'apparition de nouveaux artefacts tels que les télévisions de masse, les compagnies aériennes pour passagers, et, plus sombrement, les missiles balistiques intercontinentaux. La portée du résidu provoqua un accroissement de l'intérêt des chercheurs en sciences sociales et des décideurs politiques dans les processus de changement technologique. Il conduisit aussi au réexamen de la justification de l'intervention publique dans les activités de recherche.

2.1 Raisonement /Justification pour une intervention politique

La reconnaissance explicite que la science nécessitait un investissement, combinée à la connaissance empirique que le changement technologique était le plus large facteur de croissance économique, présenta une question théorique pour les économistes. C'est dans ce contexte que Nelson (1959) et Arrow (1962) posèrent la question - les motivations des acteurs de marchés sont elles appropriées pour produire le niveau de connaissances scientifiques socialement désirables? Leur réponse négative reflète la nature de la connaissance scientifique (les défis de se l'approprier" ou de la posséder) et de la logique du marché (les coûts accrus pour une entreprise qui bénéficie de manière égale à ses concurrents mais ne prend pas une décision rationnelle puisque les concurrents peuvent profiter gratuitement et obtenir un avantage en termes de coût sans effectuer les dépenses de recherche⁷). Par conséquent, la théorie économique offrait une raison solide du soutien public pour seulement un composant de l'innovation (la découverte ou l'invention). Dans le langage des sciences

⁵ Pour les économistes, qui développaient la théorie de la production pour refléter les contributions de la technologie, les termes plus larges de changements techniques et changements technologiques étaient employés en parallèle puisqu'ils permettaient une discussion à la fois sur les innovations représentant les nouveaux produits et sur les améliorations des processus pour fabriquer ces produits. Plus tard, les termes d'innovation de processus et innovation de produits commencèrent à être utilisés comme types de changement technologique.

⁶ Ceci était une préoccupation particulière de Chris Freeman en raison de son intérêt pour les fonctions sociales de la science (Bernal, 1939) et le besoin de distinguer une invention et la commercialisation d'une invention. Bien que Freeman ne fût pas le premier à faire cette distinction, il a largement influencé son établissement grâce au succès de Freeman (1974).

⁷ Ces deux présomptions furent questionnées plus tard. De façon plus spectaculaire, la caractère de bien publique de la science fut questionné par Collins (1974) et plus tard par Callon (1994). Rosenberg (1990) observa que les entreprises investissaient bien dans la science 'non-appropriable' avec leur propre fonds, peut-être parce que c'était une condition nécessaire pour employer des scientifiques ou intégrer leurs propres scientifiques dans les communautés et réseaux scientifiques.

économiques, la découverte et l'invention apparaissait comme ayant les caractéristiques d'un bien publique semblable aux routes ou aux égouts et il était raisonnablement bien accepté que les bien publics souffraient de "la défaillance du marché" - l'insuffisance d'incitations commerciales pour les produire au niveau ou à la qualité désirés.

La question de savoir si une défaillance du marché similaire puisse s'appliquer aux étapes ultérieures du processus d'innovation - la recherche appliquée et la commercialisation - n'a pas été adressée parce qu'il était supposé que dans ces étapes ultérieures la connaissances serait "appropriable"- l'appropriation de bénéfices pouvait être protégée par le secret commercial, la propriété intellectuelle, ou simplement, en maintenant un avantage compétitif empêchant les concurrents d'imiter les innovations à succès⁸.

Les décideurs politiques ont contribué à une caractéristique additionnelle de ce premier cadre en soutenant des travaux de recherche axés sur la réalisation de missions, une continuation, et dans certains cas, une extension du rôle antérieur du financement gouvernemental de la recherche pour les activités militaires. Les technologies étaient développées pour faire la guerre - les armes atomiques, les radars, les avions à réaction, les missiles balistique, et les ordinateurs furent développés pour la défense et adaptés pour les applications civiles. La plus improbable de ces adaptations, l'utilisation civile de missiles balistiques, fut transformée en programme spatial et course spatiale en parallèle à la course aux armements nucléaires de l'après guerre. Maintenir la sécurité nationale en combattant la pauvreté et la violence urbaine et faciliter un renouveau urbain devinrent un autre domaine pour les investissements à grande échelle dans les années 1960 (Light, 2003). La crise pétrolière des années 1970 conduisit à la formulation d'un nouvel ensemble de politiques de mission de sécurité pour réduire la dépendance aux importations de pétroles, ce qui contribua aux premiers développements de technologies d'énergies renouvelables. La définition et la poursuite de missions par les décideurs politiques étaient motivées par le prestige national et la concurrence idéologique entre le socialisme d'état de l'Union Soviétique de l'époque et de la Chine et le capitalisme occidental, alliées à une promesse de rendements économiques et sociaux sur l'investissement public. Une caractéristique révélatrice du cadre de la mission est la réponse du physicien Robert Wilson à la question du Sénateur américain John Pastore sur la contribution en matière de défense (mission) du nouvel accélérateur Fermilab, l'installation de recherche en physique de hautes énergies la plus large du monde à l'époque - "... ces nouvelles connaissances ont tout en rapport avec l'honneur et le pays, mais en aucun cas ne concerne directement la défense de notre pays sauf à aider à le rendre digne d'être défendu" (US Congress, 1969:113).

Les économistes et les décideurs politiques n'étaient pas les seuls contributeurs à ce premier cadre de politique de la science et la technologie. La sensibilisation aux conséquences négatives potentielles du développement scientifique était, dans les années 1950, limitée à quelques domaines tels que les risques de guerre et de radiation nucléaire exemplifiés par "L'Horloge de l'Apocalypse" régulièrement mise à jour sur la couverture de *Bulletin of Atomic Scientists (Le Bulletin des Scientifiques de l'Atome)*. Toutefois, la publication de travaux tels que *Silent Spring (Printemps Silencieux)* (Carson, 1962) et le rapport *Limits to Growth (Les Limites de la Croissance)* du Club de Rome (Meadows, Meadows, Randers *et al.*, 1972) ouvrirent un agenda de préoccupations sociales beaucoup plus large sur les potentielles conséquences négatives des nouveaux produits de la science. Durant les années 1960, des inquiétudes considérables sur, et des manifestations contre, émergèrent concernant les conséquences de la science sur la santé et la sécurité publiques et, à la fin, la qualité environnementale. Les décideurs politiques répondirent à ces développements, souvent à contre-cœur, en développant des nouvelles agences de réglementation ou en apportant des changements importants aux agences ayant été établies à une époque antérieure. Aux Etats-Unis, par exemple, la Food and Drug Administration (FDA), qui avait été établie pour mettre en place des standards en matière de sécurité pharmaceutique et alimentaire, commença à réglementer l'efficacité des produits pharmaceutiques après le désastre mondial de la thalidomide⁹.

⁸ Les exceptions à cette règle incluait la défense où la planification dominait le plus souvent sur la concurrence de marché, la recherche médicale qui était considérée comme intrinsèquement publique, et l'agriculture où une part considérable des avancées étaient considérée comme provenant d'une adoption plus généralisée de bonnes pratiques.

⁹ Ceci fut effectué par le Kefauver Harris Amendment ou Drug Efficacy Amendment, un amendement de 1962 du Federal Food, Drug, and Cosmetic Act.

2.2 Cadre 1: Modèle d'Innovation et Acteurs

Le modèle d'innovation sous-jacent du Cadre 1 est la commercialisation de la découverte scientifique, avec chacun des processus suivant la découverte motivé par la logique économique de l'investissement et du rendement financier du marché potentiel pour l'innovation. Ce cadre reflète une confiance moderniste dans l'inévitabilité du progrès et un raisonnement économique fondé sur les bénéfices de choix parmi une gamme de biens concurrentiels produits en masse (et donc relativement bon marché). On s'attend à ce que ce processus scientifique contribue substantiellement à la croissance économique à long terme et apporte de nombreuses opportunités commerciales. Ce cadre reconnaît que des conséquences négatives pourraient émerger, mais celles-ci sont attribuées aux lacunes de la connaissance scientifique auxquelles il est possible de remédier avec davantage de recherche. La réglementation est, pour sa plus grande part, appliquée après la finalisation du processus de recherche et au moment où des problèmes sont rencontrés dans l'adoption et l'utilisation de l'innovation. Pour identifier ces problèmes, les gouvernements utilisent les exercices d'évaluation de risques et de technologies et créent des agences spécifiques qui informent les Parlements (Vig and Paschen, 2000). Toutefois, ces activités d'évaluation des technologies ne sont pas considérées comme centrales à la politique de la science, de la technologie et de l'innovation mais, au mieux, comme un complément utile. Un exemple de résolution ex-post concerne les CFCs (chlorofluorocarbones), une innovation améliorant la sécurité et la qualité de la réfrigération¹⁰ qui fut finalement reconnue comme un danger pour la couche d'ozone et dont la production fut proscrite par un traité international (le protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone, 1987).¹¹ Les préoccupations sur les implications plus larges de la trajectoire de l'avancée scientifique pour l'environnement ou la santé et le bien-être humain étaient considérées, quelque peu avec fatalité, comme le coût du progrès. Elles étaient largement marginalisées jusque dans les années 1970 et 1980 lorsque survinrent les incidents tels que l'appauvrissement de l'ozone résultant des CFCs et les accidents nucléaires de Three Mile Island (1979) et Tchernobyl (1986).

Les acteurs dans ce modèle d'innovation ont une division claire de leur travail et de leur responsabilité. Les scientifiques doivent poursuivre les avancées de la connaissance scientifique, portant seulement une attention accessoire à la valeur commerciale potentielle de leurs découvertes¹², publier leurs travaux en divulguant la totalité de leurs méthodes et leurs résultats¹³, et supposer que ceux qui reprennent leurs découvertes les utilisent de façon socialement responsable. Le secteur public doit généreusement financer la recherche scientifique et réglementer la science pour assurer son ouverture et encourager l'autorégulation de la faute scientifique (par exemple, falsifier les résultats ou avancer des arguments injustifiés) par la communauté scientifique. Le secteur public doit trouver un moyen d'identifier les problèmes résultant de l'application de la science et les référer aux experts de la communauté scientifique pour une évaluation et des solutions, et finalement une réglementation. Le rôle du secteur privé est de transformer les découvertes scientifiques en innovations qui soutiendront une croissance économique durable à long terme. Dans les années 1960, on supposait que la compétence à mener ces actions résidait principalement dans les grosses entreprises en place qui seraient à même de renforcer les capacités de recherche industrielle pour effectuer les efforts de recherche appliquée et de développement nécessaires à la commercialisation de la découverte scientifique.

2.3 Cadre 1: Pratiques politiques

¹⁰ Les CFCs remplacèrent les réfrigérants dioxyde de soufre et formiate de méthyle qui, en cas de fuite, étaient un danger direct à la santé humaine.

¹¹ Le Protocole de Montréal est un exemple de réglementation incomplète puisqu'il ne procurait pas de mesures pour séquestrer et détruire les stocks existants de CFCs. Donc, un champ d'investigation du Cadre 1 est l'efficacité réglementaire suivant les idées du "principe de précaution".

¹² Une révision importante de cette partie du modèle fut suggérée par Stokes (1997) qui proposa qu'il pouvait être possible de distinguer entre les lignes de recherche scientifique « tournée vers l'utile » (par exemple, les recherches de Pasteur sur les mécanismes de fermentation) de celles qui sont "pures" (par exemple, les recherches de Bohr sur les niveaux d'énergie dans les atomes).

¹³ Voir Dasgupta and David (1994) pour une interprétation de la divulgation scientifique comme une alternative à l'appropriation pour générer le bien-être social.

Le premier cadre encourageait une perspective expansive sur les bénéfices de la recherche, mais les praticiens de politiques publiques devaient néanmoins négocier les processus politiques pour l'allocation des fonds de recherche. La définition de missions et de programmes de recherche orientés vers les missions par les décideurs politiques, discutée ci-dessus, était la plus apparente aux Etats-Unis où plusieurs départements gouvernementaux importants (défense, énergie et santé¹⁴) ont continué à sponsoriser la recherche fondamentale et appliquée et en France où l'énergie atomique et la recherche médicale devinrent la quintessence d'une approche dirigiste de l'avancée scientifique. L'avantage politique de la recherche orientée vers les missions est que le financement de la recherche scientifique fondamentale peut être justifié en terme de contribution à des objectifs spécifiques plutôt que de dépendre seulement de promesses quelque peu plus vagues sur les bénéfices à long terme de la science.

L'accent mis sur l'importance de la science et la technologie conduisit à la création de beaucoup d'instruments de politique publique destinés à stimuler les activités R&D commerciales complémentaires, parmi lesquels un traitement fiscal avantageux, des subventions directes appliquées horizontalement à certaines industries, et autres conditions favorables à l'investissement commercial, sur la base qu'une partie de cet investissement circulerait vers les activités d'innovation. La reconnaissance de l'importance des entreprises basées sur les nouvelles technologies (NTBFs¹⁵) pour favoriser l'innovation conduisit à l'idée que l'imposition de la plus-value sur l'élévation des valeurs de fonds propres devrait aussi recevoir un traitement fiscal avantageux pour encourager l'investissement dans ces sociétés. La comparaison des niveaux d'investissement en R&D (public et privé) entre pays devint un indicateur d'engagement et de performance important. Plus récemment, l'Union Européenne a formalisé son aspiration à atteindre une intensité de la recherche moyenne au sein de l'UE de 3% du PIB (European Commission, 2010)

Cependant, alors que les gouvernements sont positifs sur le financement public, pratiquement aucun pays ne peut se permettre de tout faire en matière de science et de technologie. Des choix sont nécessaires. Ceci a conduit à des mécanismes pour faire des choix entre les alternatives concurrentielles. Un mécanisme majeur développé durant les années 1980 et 1990 est la prévision technologique (Martin and Irvine, 1989). Les activités de prévisions sont un moyen d'amener les considérations sociales dans le processus de sélection mais, en pratique, les opportunités technologiques perçues ont souvent tendance à dominer.

Afin d'assurer la division du travail entre la recherche scientifique comme bien public et l'appropriabilité privée de la recherche appliquée, du développement et de la commercialisations, des actions de politiques publiques furent menées pour renforcer et étendre la protection de la propriété intellectuelle. Les Etats-Unis ont été particulièrement agressifs dans ce domaine avec l'établissement de la Cour d'Appel du Circuit Fédéral (Court of Appeals for the Federal Circuit) (1982) dont le mandat principal est d'examiner les contentieux de brevet, d'allonger la durée de vie des brevets pour les produits pharmaceutiques (1984) et de jouer un rôle majeur dans l'accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (TRIPS¹⁶) incorporé dans l'Uruguay Round de l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT¹⁷) de 1994.

Finalement, l'enseignement pour les carrières en recherche était un objectif de politique publique courant tout au long de la période du premier cadre et a continué plus récemment avec un accent sur les sujets concernant les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques (STEM). Assurer l'approvisionnement de chercheurs est considéré d'une importance critique pour favoriser une croissance basée sur la science.

2.4 Cadre 1: Cadres alternatifs ou contre-cadres

¹⁴ La structure exceptionnelle du gouvernement Américain (comparée aux démocraties parlementaires centralisées) coupe les liens entre la politique scientifique et l'éducation supérieure. Aux Etats-Unis, la majorité des universités sont établies et financées par les états individuels de l'union. L'augmentation considérable du financement fédéral de la recherche bénéficia grandement plusieurs d'entre elles (par exemple, l'Université de Californie et les universités établies par le Morrill Act de 1862 qui procura une concession de terre substantielle de la part du gouvernement fédéral) ainsi que les meilleures universités privées (MIT, Stanford, Harvard, Chicago et Columbia). Voir Geiger (1993).

¹⁵ New Technology Based Firms

¹⁶ Trade Related Aspect of Intellectual Property

¹⁷ General Agreement on Tariffs and Trade

La représentation de vastes activités scientifiques liées aux grosses entreprises ou aux écosystèmes complexes des NTBFs, mise en avant dans le premier cadre, était très dominante aux Etats-Unis et en Europe mais posait un défi majeur pour les pays moins développés qui manquaient de ressources pour investir au niveau de R&D requis. Sagasti (1980) argumenta que cela produisait deux civilisations, l'une qui générait les connaissances et en dérivait les principaux bénéfices, et l'autre (c'est à dire les pays en voie de développement) qui recevait passivement une partie de ces connaissances et avait donc une capacité diminuée à la souveraineté et à l'autodétermination. De plus, les technologies développées par cette "première civilisation" étaient elles-mêmes considérées comme désavantageant les autres car elles nécessitent des capacités, des infrastructures, et un contexte plus large qui n'existe pas dans les pays en voie de développement (Stewart, 2008). Ces cadres alternatifs au caractère bénéfique du progrès scientifique et de l'innovation dans le contexte des pays développés conduisit à des réponses par les universitaires et les décideurs politiques dans les pays moins développés.

Suivant les travaux antérieurs de Raul Prebisch (1950) et Hans Singer (1950), une doctrine de la substitution à l'importation conduisit un certain nombre de pays, particulièrement en Amérique Latine, à se retirer de la tendance générale vers des tarifs de commerce international libéraux afin de construire leurs propres capacités d'innovation et industries émergentes. Les mêmes types de politique publique étaient employés en Asie orientale, peut être avec un plus grand degré de ciblage d'industries spécifiques et une intention claire d'établir des capacités d'exportation plutôt que la substitution à l'importation. Bien que largement abandonnées d'ici les années 1990, beaucoup ont conclu que ces politiques publiques ont eu des impacts positifs dans le contexte de l'Amérique Latine, par exemple Colistete (2010)¹⁸. Le succès de ces politiques publiques contribua aussi à l'émergence du deuxième cadre pour la politique de la science, la technologie et de l'innovation, avec un accent sur les systèmes nationaux d'innovation.

Les développements liés aux arguments de Schumacher (1974) et Stewart (1973), appelant à un mouvement pour la technologie appropriée, tentèrent d'exploiter les processus de recherche pour produire des technologies qui seraient plus adaptées au contexte des pays en voie de développement (Kaplinsky, 2011). Pour la plupart, les technologies issues de ce mouvement répondaient aux caractéristiques de la pauvreté (par exemple, de meilleurs fours pour utiliser les combustibles locaux) plutôt que de répondre aux attentes qu'elles offriraient des apports significatifs aux revenus des populations des pays en voie de développement. Néanmoins, les idées de ce mouvement social ont récemment réapparu dans les écrits sur l'innovation frugale (Radjou, Prabhu and Ahuja, 2012), l'innovation du bas de la pyramide (London and Hart, 2004), et l'innovation inclusive (Chataway, Hanlin and Kaplinsky, 2014). Ces idées sont en voie d'intégration dans un troisième cadre de politique publique de la science, la technologie, et de l'innovation, visant à élargir la participation dans les processus d'innovation.

3. Cadre 2 – Systèmes d'Innovation Nationaux

L'émergence du Cadre 2 fut une réponse à la perception du caractère incomplet du premier cadre et à certaines conséquences à poursuivre ce modèle. La croissance connue durant la période suivant la seconde guerre mondiale et qui continua avec des interruptions relativement mineures jusqu'aux chocs pétroliers des années 1970 et la grave récession de 1981 (souvent qualifiée en Europe de crise économique) intensifia la concurrence entre les pays et souligna les différences dans la performance innovatrice et productive des industries nationales. Il devint aussi plus apparent dans les années 1980 que la convergence entre les pays aux revenus élevés et les pays aux revenus plus faibles se produisait à un rythme beaucoup plus lent que ne pouvait l'expliquer les prémisses du premier cadre selon lequel la connaissance scientifique et technologique était un bien public global - en principe, disponible pour tous partout dans le monde. Le rattrapage global présumé résultant du transfert de technologies ne se réalisa pas, sauf pour les tigres de l'Asie orientale. Une explication de cet état des choses, cohérent avec le premier cadre, était que les pays riches détenaient les connaissances scientifiques et technologiques et, de fait excluant les autres pays d'utiliser ces connaissances pour amorcer un processus de rattrapage. Cette idée fut contestée par Soete (1985) qui observa que la structure industrielle des sociétés axées sur les technologies comprenait souvent des entreprises plus petites ou de taille moyenne qui pouvaient et voulaient vendre des technologies (par exemple, autoriser les brevets, vendre des

¹⁸ Dans les deux régions, les pressions internationales furent d'importantes raisons pour l'abandon des politiques publiques.

biens d'équipement perfectionnés, ou être acheté à des prix plus bas que les coûts implicites pour reproduire leurs technologies).

Ces énigmes dans les applications du Cadre 1 conduisirent les universitaires à réexaminer le modèle linéaire d'innovation que sous-entendait ce cadre. Quatre modifications importantes furent indiquées. Premièrement, plutôt qu'un bien public global, il fut reconnu que les connaissances scientifiques et technologiques contiennent d'importants éléments tacites. La connaissance ne voyageait pas librement au travers des distances géographiques et culturelles, mais était plutôt rigide (*sticky*) (Von Hippel, 1994). Deuxièmement, l'aptitude à absorber les connaissances du réseau mondial de recherche et de chercheurs dépend des capacités d'absorption (Cohen and Levinthal, 1989) qui requièrent une expérience antérieure dans la recherche et l'application associées. Troisièmement, les "capacités d'absorption" se révélèrent être des capacités sociales dérivant non seulement du niveau d'éducation mais aussi de sa qualité et d'une capacité sociale à l'entrepreneuriat¹⁹. Quatrièmement, le caractère du changement technologique fut reconnu comme cumulatif et dépendant de la trajectoire antérieure (*path dependent*) (David, 1975; Arthur, 1983). Un équilibre existait entre les innovations de rupture qui altèrent les trajectoires de recherche et d'amélioration (rupture de trajectoire), et les innovations cumulatives qui renforcent et consolident les forces et pôles (renforcement de trajectoire), souvent d'une façon telle qu'elle accroît des barrières importantes pour les nouveaux entrants.

Ces modifications du modèle d'innovation sous-jacent suggérait que d'importantes différences internationales pouvaient exister dans la capacité à innover et focalisa l'attention sur les processus d'apprentissage et la relation entre les organisations d'une société. Freeman (1988) et Lundvall (1992) employèrent le terme de système d'innovation national pour identifier les différentes configurations des organisations impliquées dans la production et l'utilisation de connaissances scientifiques et technologiques. Centrale à cette idée, était le fait que certaines configurations puissent être plus efficaces que d'autres, contribuant substantiellement à l'explication des taux très inégaux de performance productive et innovante à travers le monde. En particulier, Freeman (1988) suggéra que le Japon avait fait d'importantes innovations organisationnelles dans la production et l'utilisation de connaissances technologiques ce qui expliquait sa capacité à rattraper et dépasser les entreprises dans les secteurs industriels avancés tels que ceux des automobiles et des télévisions. Linsu Kim apporta aussi des contributions majeures indiquant que ce n'est pas seulement l'investissement en R&D mais aussi l'apprentissage localisé qui génèrent le développement et permet le rattrapage de la Corée du Sud (Kim, 1999). Ces connaissances furent accompagnées de la reconnaissance empirique croissante que l'innovation est souvent initiée par les utilisateurs (von Hippel, 1988) ou par les retours d'information dans la recherche appliquée, et les activités de développement et de commercialisation, dans ce que Kline et Rosenberg nommèrent un modèle d'innovation en maillon de chaîne (Kline and Rosenberg, 1986).

Dans la version des systèmes d'innovation nationaux offerte by Freeman (1987, 1988), les systèmes avaient un caractère national, reflétant les différences des institutions et des politiques publiques. Pour Lundvall (1985, 1988) l'accent était également mis sur la centralité des capacités d'apprentissage comme une caractéristique nationale qui s'applique aux organisations basées dans le pays. La justification pour une délimitation géographique et politique de ces systèmes était double: les institutions et les politiques publiques sont largement établies au niveau national et la connaissance ne voyage pas facilement en dehors du milieu où elle est créée. D'autre différenciation de la pensée sur les systèmes d'innovation impliquaient un accent sur la rigidité ("*stickiness*") des connaissances à travers les espaces géographiques suggérant des systèmes d'innovation régionaux ou, alternativement, un alignement cognitif créé par une participation commune à une industrie et ses problèmes technologiques quelle que soit la nationalité, conduisant à des systèmes d'innovation sectoriels (pour une discussion éclairée sur ces diverses versions, voir Edquist (1997).

3.1 Raisonnement/Justification pour une intervention politique

Le contexte socio-historique de la littérature sur les systèmes d'innovation est important. Elle émergea pour tenter d'expliquer l'insurrection des économies d'Asie Orientale, d'abord le Japon, puis les quatre "tigres"

¹⁹ La promotion de l'entrepreneuriat est souvent une position pour des inclinations favorables aux entreprises et contre les gouvernements (par exemple, la favorisation de l'action collective privée plutôt que publique). Toutefois, il reflète aussi les normes sociales concernant la prise d'initiative et l'éloignement des pratiques existantes impliquant souvent la création de nouvelles entreprises.

(Taiwan, Corée du Sud, Singapour et Hong Kong) et, plus récemment, la Chine. L'explication est que ces pays sont devenus compétitifs grâce à leurs systèmes d'innovation nationaux qui leur ont permis de participer de façon positive à la globalisation du commerce et de la finance. L'attention à la compétitivité est alignée sur la pensée néolibérale, toutefois le Cadre 2 s'éloigne de cette pensée en mettant l'accent sur la capacité de l'état à modéliser une nation compétitive.

Dans une perspective économique néolibérale, la globalisation est considérée comme la propagation d'un système international d'investissement et de commerce libéral, créant les bases de la concurrence internationale et, donc, l'efficacité dans la production et la distribution²⁰. Toutefois, il y a d'importantes réserves aux interprétations positives de cette perspective: les processus de globalisation ont simultanément contribué à l'amélioration du bien-être matériel de millions de personnes et l'appauvrissement de millions d'autres. Alors que beaucoup d'économies moins avancées ont fait de grands pas dans leur revenu national total, la distribution de ce revenu à l'intérieur des pays s'est, dans beaucoup de cas, dégradé, et le fossé entre le revenu des nations les plus riches et celui des nations les plus pauvres s'est élargi (Kelley, 2015; van Zanden, Baten, d'Ercole et al., 2014). Dans la perspective partagée par le Cadre 1 et le Cadre 2, la croissance de la production et de l'emploi est également centrale au bien-être économique future des pays et des citoyens. Prendre du retard en terme de croissance agite le spectre du déclin et d'une spirale descendante dans laquelle un pays devient moins apte à être compétitif sur les marchés internationaux et, en raison des importations à la hausse, à maintenir la production de biens commercialisés par entreprises nationales. Cela menace aussi la capacité de l'Etat à distribuer le revenu issu de taux fiscaux plus élevés. Un objectif central pour la politique de la science, la technologie et de l'innovation est donc de maintenir la compétitivité - un objectif souvent déclaré en termes mercantilistes comme devenir toujours plus compétitif pour stimuler la croissance continue avec les exportations, tout en préservant un part dominante dans la production domestique pour la consommation domestique²¹.

L'approche du système national d'innovation est donc complémentaire à l'agenda de compétitivité, basé sur l'avantage commercial plutôt que le prestige national ou le pouvoir militaire. Les défenseurs de cet agenda (qui ont toujours de l'influence aujourd'hui) argumentent que l'état doit assister dans l'élaboration du système d'innovation national soit pour préserver soit pour étendre l'avantage compétitif des entreprises domestiques. La logique de l'agenda de compétitivité retient une perspective du Cadre 1 dans la mesure où les interventions sont limitées à la recherche précompétitive, c'est à dire à la création de connaissances en amont de la conception de produit. Cette limitation est largement due aux préoccupations concernant l'appui public ou les politiques quasi-mercantilistes qui étaient proscrites afin de créer une situation équitable dans la concurrence commerciale internationale. Les universitaires ont argumenté pour (Graham, 1994) et contre (Cohen and Noll, 1991) cette extension de l'action étatique. Une perspective du Cadre 2 mettrait moins l'accent sur le financement de la R&D précompétitive et davantage sur les acteurs dans le système. Récemment, Mazzucato (2013) met l'accent sur le rôle important de l'état en tant que preneur de risque de haut niveau dans le développement des nouvelles technologies, une activité qui est à la fois en aval et plus ciblée que l'investissement dans la science. Plus généralement, elle attire l'attention sur le rôle important que la finance joue dans les systèmes d'innovation nationaux, un rôle qui a été ignoré dans de nombreuses approches et politiques sur le système d'innovation national. Elle argumente qu'une finance patiente de long-terme, procurée par l'état, est nécessaire, pour qu'aient lieu la commercialisation et la diffusion.

En termes de gouvernance des interventions politiques, le Cadre 2 suggère la désirabilité des alliances et la coordination parmi les acteurs du système d'innovation pour éviter la défaillance du système - le manque de coopération et de coordination. D'autres défaillances du système sont possibles telles que la capture des politiques gouvernementales destinées à faciliter la recherche et l'innovation par des intérêts particuliers et la création de cartels sous la bannière d'une coopération et une coordination approfondie de la recherche. Dans ce cadre, celles-ci devraient être gérées par les ministères et agences réglementaires des gouvernements nationaux, souvent distincts, et qui, en raison de l'agenda de compétitivité sont souvent peu enclin à agir

²⁰ La perspective néolibérale est amplifiée par Friedman (2005)

²¹ Biens sur, ceci soulève les mêmes problèmes de durabilité économique que Smith (1960 [1776]) observa concernant les pratiques mercantilistes antérieures et qui menèrent, à l'époque, et dans l'histoire plus récente, à des épisodes périodiques de hausses et effondrements des tarifs dans le commerce international.

contre les concentrations de pouvoirs économiques domestiques de craintes de perte de compétitivité face aux autres grosses multinationales²².

3.2 Cadre 2: Modèle d'Innovation et Acteurs

Malgré son inclusion d'un large éventail d'acteurs qui sont considérés comme ayant le pouvoir d'agir pour améliorer les systèmes d'innovation, le Cadre 2 maintient la perspective de poussée technologique du Cadre 1. Même si les utilisateurs sont spécifiquement identifiés comme possible sources d'innovation dans le modèle d'innovation sous-jacent le Cadre 2 et les relations utilisateurs-producteurs sont considérées comme clés, le pouvoir d'agir des utilisateurs est limité à donner un avis dans le processus de production des connaissances par les entreprises et autres fournisseurs de connaissances tels que les universités.

Le modèle d'innovation sous-jacent du Cadre 2, toutefois, fut révisé fondamentalement avec des implications importantes pour la pratique politique. Il s'éloigna d'une compréhension linéaire de l'innovation pour se diriger vers un modèle plus interactif comme exemplifié dans le modèle de maillon de chaîne. Un travail pertinent clé distingua un Mode 1 et un Mode 2 de structure de production des connaissances similaire à nos deux cadres (Gibbons, Limoges, Nowotny et al., 1994). Ce travail distingua cinq caractéristiques du Mode 2 de production de connaissances: 1) Les connaissances sont de plus en plus produites dans le contexte de leur application²³ 2) La transdisciplinarité, la fusion ou "l'interpénétration" des perspectives disciplinaires pour produire de nouvelles perspectives communes pour la recherche dans le contexte d'application (p.29),3) l'hétérogénéité et la diversité organisationnelle, reflétant une diversité croissante des acteurs impliqués dans la production des connaissances 4) La responsabilité sociale et la réflexivité, impliquant un plus large éventail d'experts dans le processus de recherche afin d'accommoder les préoccupations éthiques et environnementales²⁴, et 5) Le contrôle de qualité, l'observation que l'examen disciplinaire traditionnel par les pairs de ce que constitue la bonne démarche scientifique devient plus complexe lorsque les connaissances sont produites dans leur contexte d'application plutôt qu'au sein de disciplines établies et de leurs normes autoréférentielles. Gibbons, Limoges Nowotny et al. (1994) suggéraient le besoin d'une réforme institutionnelle avec une attention particulière à la relation entre les efforts de recherche gouvernementaux directs (par exemple dans les laboratoires de recherche publics), la recherche industrielle et la recherche universitaire, afin de stimuler la création de réseaux pour faciliter la coordination et la coopération. Cet accent sur les liens institutionnels et les interactions résonne très bien avec le Cadre 2, l'approche du système d'innovation national.

Une ligne de recherche et de défense des politiques connexe dans le Cadre 2 a été présentée en utilisant le terme de Triple Hélix (Etzkowitz and Leydesdorff, 1997; Etzkowitz, 1998, 2008) - cette étiquette fait référence au caractère de plus en plus entrelacé des efforts de recherche gouvernementaux, industriels et universitaires. Similairement à Gibbons, Limoges, Nowotny et al. (1994), les universitaires participant à des études triple-hélix ont cherché à schématiser et analyser les nouvelles formes de coopération émergeant entre les institutions, pour considérer les processus de gouvernance qui alignent les intérêts de ces différentes institutions et offrir une orientation à chaque type d'institution sur la façon dont elles pourraient promulguer des réformes qui permettraient aux systèmes d'innovation nationaux de fonctionner plus efficacement. Un

²² Par exemple, en 1999, les Etats-Unis abrogèrent le Glass Steagall Act (1933) qui avait réglementé la concentration des banques en raison de la menace concurrentielle perçue de la part des grosses banques étrangères.

²³ Selon Gibbons, Limoges, Nowotny et al. (1994) la production des connaissances devenait plus " distribuée socialement " et avait "transcendé le marché" (p.4) même si leurs travaux continuent à mettre l'accent sur la distinction entre les producteurs de connaissances industriels et universitaires avec seulement une référence oblique (p.37) à von Hippel (1976, 1988) pour qui "la présence d'acteurs et d'utilisateurs potentiels directement dans les contextes de développement influence la direction des lignes innovantes que prendra la recherche". En fait, von Hippel a documenté dans ces deux travaux que les utilisateurs étaient directement responsables de beaucoup d'innovations majeures dans l'appareil scientifique et d'autres domaines.

²⁴ Ceci préfigure notre discussion sur ces questions dans le Cadre 3. La discussion à ce sujet dans Gibbons, Limoges, Nowotny et al., (1994) (pp. 7-8 et en références brèves tout au long de l'ouvrage) suggère que des mécanismes assurant la responsabilité et des institutions encourageant la réflexivité étaient déjà en place. Toutefois, presque aucune preuve n'est offerte pour soutenir cette conclusion

élément important de la recherche triple-hélix a été la prémisse que les universités devraient devenir plus entrepreneuriales, encourageant la formation d'entreprises suite aux retombées et l'accréditation de technologies produites dans le cadre de la recherche universitaire.

Les difficultés à transférer les connaissances entre les locations provoqua un réexamen des effets de localisation géographique (Gertler, 2001). Les études initiales soulignaient l'existence de groupements industriels (Castells and Hall, 1994) suggérant des politiques visant à concentrer les activités d'un type particulier, par exemple, le corridor multimédia malaysien (Bunnell, 2002). Toutefois, des études ultérieures révélèrent que les questions de gouvernance étaient d'importance cruciale et difficiles à reproduire (Cooke, 2001) et que la proximité, dans plusieurs sens différents, avait le potentiel de générer aussi bien des effets néfastes que positifs (Boschma, 2005), développant davantage l'aspect rigide ("*stickiness*") des connaissances.

En termes d'acteurs et innovation, le Cadre 2 reflète les changements perçus dans les processus par lesquels les connaissances applicables sont générées et échangées. Plutôt que d'être un flux linéaire de la science vers la R&D appliquée à la commercialisation, les connaissances sont générées au travers d'interactions parmi les (plus divers) acteurs dans les systèmes d'information nationaux, sectoriels et régionaux. Ces interactions impliquent un processus d'apprentissage interactif et le développement des capacités pour absorber et adapter les connaissances, souvent influencé par une proximité physique et cognitive. Pour que ces processus soient efficaces, l'alignement des objectifs de ces acteurs et leurs capacités d'interaction est nécessaire. Dans ce modèle, une attention considérable est portée aux exemples tels que la Silicon Valley (Kenney, 2000) ou Route 128 (Saxenian, 1996) aux Etats-Unis ou la zone du Cambridgeshire en Angleterre (Garnsey and Heffernan, 2005). Il y a toutefois peu de consensus sur la façon dont ce modèle puisse-t-être influencé par la politique publique.

3.3 Cadre 2: Pratiques de politique publique

Le manque de consensus académique concernant la relative efficacité des différents types d'intervention basés sur une perspective du Cadre 2 a conduit à une considérable variété de pratiques de politiques publiques effectives (Steinmueller, 2010). Les gouvernements centraux ont déployé des efforts substantiels pour construire des technopoles (par exemple Sophia Antipolis en France (Longhi, 1999)) et des pôles scientifiques (par exemple, Tsukuba cité scientifique au Japon (Tatsuno, 1986)). Les autorités régionales ont tenté de revitaliser des régions en faisant des investissements dans des entreprises basées sur les nouvelles technologies, par exemple le Triangle de la Recherche dans l'état de Caroline du Nord aux Etats-Unis (Link and Scott, 2003). Ces efforts ont connu un succès mitigé et l'horizon temporel du développement national ou régional réussi apparaît très long comparé au mandat des décideurs politiques qui initient de tels plans.

Des politiques visant à améliorer la coordination et l'alignement parmi les différents acteurs dans les systèmes d'innovation ont été menées dans de nombreux pays. Celles-ci impliquent souvent une conditionnalité de financement, par exemple, financement de recherche sous condition de participation avec d'autres organisations dans le réseau. Ce genre de financement conditionnel a été appliqué aux financements des universités, des entreprises et des laboratoires de recherche publique. Des exemptions aux lignes directrices de la politique de concurrence limitant les réunions et les collaborations d'entreprises de secteurs industriels spécifiques ont aussi été proposées et promulguées afin d'encourager la formation de réseaux de recherche (Jorde et Teece (1990)). Les exercices de prévisions ont aussi été utilisés et recommandés comme outils pour une meilleure communication, une coordination plus efficace, le développement de consensus et la formation d'engagements (Martin and Johnston, 1999).

L'une des spécificités distinguées du Cadre 2 est le rôle plus large assigné au pouvoir d'agir comparé au Cadre 1 et, accompagnant cela, un plus grand intérêt pour l'entrepreneuriat. La nature de l'entrepreneur était une question centrale dans les écrits de Schumpeter (Schumpeter, 1947, 1949). Toutefois, ce n'est pas avant les années 1980 qu'une attention spécifique sur les politiques en faveur de l'entrepreneuriat, dont la formation et la croissance de nouvelles entreprises, particulièrement celles impliquant l'utilisation de nouvelles technologies, commença à devenir une préoccupation centrale de la politique publique. La promotion des entreprises basées sur les nouvelles technologies (NTBFs²⁵) est difficilement compatible avec les perspectives néolibérales sur

²⁵En tant que catégorie descriptive, les NTBFs existaient déjà dans les revues de performance industrielle.

l'efficacité des marchés et les suggestions que la taille de l'entreprise est sans rapport avec le degré ou la nature de la capacité d'innovation (Kulicke and Krupp, 1987). Toutefois, lorsque les questions de pouvoir d'agir sont considérées explicitement, le focus et le dynamisme de ces entreprises ainsi que les personnalités des fondateurs entrepreneuriaux, suggèrent une raison d'accorder une considération spéciale à ce type de sociétés dans les politiques gouvernementales de promotion. De telles politiques reflètent aussi le souci croissant pour l'emploi et l'observation associée que les petites et moyennes entreprises (PME) procurent la majorité de l'emploi dans la plupart des économies. Dans de nombreux contextes, c'est davantage un problème qu'un avantage (comparées à leurs rivales plus larges, les PME n'ont généralement pas les ressources ou la présence de marché pour s'engager dans des activités de R&D ou la promotion à grande échelle de nouvelles technologies, ont souvent des niveaux de productivité plus faibles et ont des taux de banqueroutes plus élevés). Toutefois la principale caractéristique des NTBFs, est leur lancement de nouvelles technologies, dont certaines produisent une croissance rapide dans l'emploi et la production. Les NTBFs contribuent aussi au système d'innovation national plus large en créant un degré de diversification et de spécialisation plus important, permettant aux entreprises plus grandes de pouvoir sélectionner parmi une population d'entreprises ayant beaucoup plus d'idées nouvelles que ne seraient produites seulement au travers des processus de R&D internes.

Le Cadre 2 suggère aussi un focus renouvelé des politiques sur les questions de diffusion ou d'adoption technologique. L'approche de systèmes porte l'attention sur la connexion entre l'offre et la demande qui est considérée pour être soumise à la médiation des processus non-marchands ainsi que ceux de marchés. Beaucoup des technologies modernes impliquent la coordination entre les entreprises dans des secteurs tels que l'aérospatial, l'électronique, les produits et systèmes complexes (tels que les simulateurs d'avion), et les bâtiments à émissions de carbone nulles, impliquant non seulement des connaissances scientifiques et technologiques substantielles mais aussi des connaissances distribuées parmi de nombreuses firmes spécialisées. Pour que ces secteurs se développent et prospèrent, la relation avec leurs clients doit être suffisamment stable pour soutenir l'investissement alors que les réseaux d'entreprises comprenant ces secteurs doivent être coordonnés de façon adéquate. Les questions de demande et de coordination étaient historiquement souvent résolues par les marchés publics. Bien que les marchés publics sont toujours importants, la demande du secteur privé pour les produits et services de ces secteurs a augmenté considérablement (en partie due à la privatisation des anciennes entreprises gouvernementales dans les télécommunications et les transports). La privatisation, non seulement introduit les marchés, elle restructure aussi les relations non marchandes dans ces secteurs. Les gouvernements ont un choix à ce que ces restructurations soient conduite sous le mode du laissez faire ou impliquent un rôle pour la réglementation gouvernementale, la promotion, et les interventions²⁶.

Les pratiques de politiques du gouvernement dans le Cadre 2 concernent l'éducation et la formation de la main-d'œuvre dans le but de soutenir les capacités d'absorption des entreprises et autres organisations. La capacité d'absorption et l'une, parmi plusieurs types, de capacités non marchandes qui devient visible quand l'analyse de la génération et de la distribution de connaissances est approfondie au delà du modèle linéaire incorporé dans le Cadre 1.²⁷ Dans les économies en développement, la direction appropriée des politiques d'enseignement et de formation professionnelle concernée implique souvent l'obtention de compétences spécifiques essentielles dans le domaine de la science et de la technologie. Dans les économies industrialisées, il existe une tension continue entre des politiques d'enseignement laissez faire et les politiques de développement des compétences et de la main d'oeuvre qui procurent davantage de ressources pour des types particuliers d'enseignement (Machin and Vignoles, 2015).

3.4 Cadre 2: Cadre alternatif et contre-cadres

²⁶ Une approche de laissez faire pure est rare étant donné que, typiquement, les gouvernements restent impliqués dans les questions telles que la standardisation et la réglementation ainsi qu'en tant que clients majeurs des secteurs restructurés.

²⁷ Les capacités de mise en réseau incluant, les fournisseur et la gestion de la chaîne de valeur et, le développement de marché et la gestion des connaissances, sont d'autres exemples de capacités non-marchandes. Même si certaines parties de ces capacités peuvent être acquises grâce aux transactions de marché, les choix impliqués dans les transactions elles-mêmes nécessitent des capacités au sein de l'entreprise ou de l'organisation.

Les systèmes d'innovation nationaux et les cadres (sectoriels et régionaux) associés sont structurés autour du partage des connaissances et la collaboration entre les organisations employant des chercheurs professionnels. Une conséquence de ceci est que la discussion sociétale plus large sur les options et directions technologiques n'est pas intégrée dans l'opération des réseaux, même si ces réseaux sont établis à la suite d'une intervention gouvernementale. En réalité, le cadre du système d'innovation national continue la politique technocratique du cadre de l'innovation pour la croissance (Cadre 1). Les deux cadres, tels que communément employés dans les discussions de politiques publiques, partagent une compréhension que l'investissement en R&D et en innovation est positif. Il se peut que cet investissement soit critiqué et donc stoppé par des contraintes éthiques ou environnementales, mais il n'y a pas une multiplicité de trajectoires ou d'alternatives devant être discutées par toutes les parties prenantes, dont les utilisateurs et le plus large public. Le cadre alternatif ou contre-cadre est un cadre qui introduit explicitement des processus participatifs et inclusifs qui sont habilités à identifier des alternatives et à influencer ou prendre des décisions concernant toutes les options possibles. Ceci n'est pas un processus qui devrait être complètement laissé à la communauté scientifique.

Ce cadre alternatif suggère donc le besoin d'ouvrir un processus de choix pour toutes les parties prenantes, dont les acteurs marginalisés, pour leur donner une voix et une influence sur les trajectoires à suivre dans la recherche et son financement. Cette question a plus récemment été reprise par Dutrénit and Sutz (2014), Lundvall, Joseph, Chaminade et al. (2009) et d'autres, qui puisent sur l'approche d'un système d'innovation national. Ils questionnent pourquoi cette approche accorde peu d'attention aux problèmes des pays en voie de développement. Leur préoccupation centrale est que le système d'innovation national conduit à l'exclusion sociale et ils mettent l'accent sur le besoin d'approches participatives afin de démocratiser la production des connaissances (Dutrénit and Sutz, 2014). L'appel à plus de participation et sur un champ plus large a été présent dans les critiques et les débats en Europe et aux Etats-Unis depuis les années 1970. Il a souvent conduit à une compréhension unidirectionnelle des initiatives de type scientifique qui visent à faire comprendre au public pourquoi les investissements dans les sciences nécessitent un appui (Miller, 2001). Toutefois, il a aussi conduit à une suggestion pour de nouvelles pratiques politiques plus radicales telles que l'évaluation de technologie constructive, l'évaluation de technologie interactive et la conception technologique participative, pour aider dans l'identification des options et des conséquences des trajectoires de changement et de développement actuelles (Rip, Misa and Schot, 1995; Irwin, 2006).

3.5 Résumé

Comme noté plus tôt, les cadres sont persistants. Le premier cadre de politique de la science et la technologie, fondé sur les prémisses que la science est le fondement de la croissance économique à long terme, et que l'innovation implique largement la commercialisation de la découverte scientifique, est présent dans les discussions contemporaines. Beaucoup des politiques publiques développées dans ce cadrage des problématiques sont encore en pratiques même si certaines ont été sujettes à des modifications lorsque les cadres concurrentiels de politique économique, tels que le néolibéralisme, ont cherché à limiter les aides d'état et favoriser les marchés au dessus des politiques gouvernementales plus généralement, dont la politique d'innovation. Les représentants de la communauté scientifique défendent couramment que l'indépendance des membres de cette communauté à poursuivre une recherche orientée vers la curiosité est une valeur primordiale et est responsable d'innovations profondément importantes, une perspective qui est cohérente avec le premier et le deuxième cadres.

Les réflexions sur la pratique politique résultant du premier cadre ont conduit à des questions sur le focus en R&D. L'argument est qu'il est important de regarder comment les résultats des efforts de recherche sont utilisés et absorbés dans l'économie. Le deuxième cadre visait à stimuler la capacité absorptive grâce aux entrepreneurs et aux liens institutionnels.

Au fil du temps, il est devenu clair que les processus de changement technologique sont inégaux à la fois dans le temps et dans l'espace. Les groupements d'innovations qui restructurent des secteurs particuliers ont été caractérisés comme des innovations de rupture ou majeures en raison de leurs effets sur les entreprises établies et les emplois. Même si l'optimisme général suggéré par le premier et le deuxième cadres concernant les impacts de bien-être social prévalu tout au long du 20ème siècle, l'étendue des inégalités de revenus s'est accrue dans les pays aux revenus élevés. Un nombre de pays aux revenus intermédiaires apparaissent être

piégés dans la dépendance à une croissance et un commerce basés sur les ressources naturelles, et même si le groupe des BRIC (Brésil, Russie, Inde, et Chine) est une exception partielle, beaucoup des pays aux revenus plus faibles ont fait peu de progrès de rattrapage. Il n'est pas clair si davantage d'investissement en R&D et l'établissement de systèmes d'innovation nationaux contribueront au développement et au rattrapage. Les questions se posent alors de savoir si ces investissements réduiront les inégalités et aideront à résoudre les problèmes sociaux. Il se peut même qu'ils les approfondissent, parce que seulement un petit segment de la population recevra les principaux bénéfices de ces investissements. De plus, les effets des émissions de gaz à effet de serre sur le changement climatique, les effets environnementaux du volume de déchets ménagers et industriels, et autres externalités produites par le schéma de croissance poursuivi dans le premier et le deuxième cadres ont suggéré que le modèle réglementaire verrouillé sur le modèle d'innovation de base est incapable de remédier à ces externalités. Ce qui est nécessaire pour résoudre les problèmes sociaux (inégalité, pauvreté) et environnementaux est un focus sur la directionnalité des systèmes sociotechniques, et une approche plus participative et inclusive. Ces caractéristiques ne sont pas facilement inclues dans le premier et le deuxième cadres.

4. Cadre 3: Changement Transformateur

Depuis désormais une décennie, les gouvernements ont reconnu qu'ils devraient mieux aligner les défis sociaux et environnementaux avec leurs objectifs d'innovation. Le changement climatique, la réduction des inégalités, la pauvreté et la pollution ont été transformés en défis et opportunités pour la politique de la science, la technologie, et l'innovation. Au travers d'initiatives telles que Horizon 2020, l'UE attend de l'innovation qu'elle résolve un nombre de défis sociétaux pertinents et, par exemple, qu'elle contribue à une transition vers une économie inclusive et à faible émissions de carbone²⁸. La Déclaration de Lund donne explicitement la priorité à la formation d'une nouvelle génération de chercheurs qui auront les compétences pour résoudre les défis sociétaux majeurs, appuyée par une excellente base de recherche²⁹. Aussi, l'Accord universel de Paris sur le changement climatique signé récemment a fixé l'objectif ambitieux de réduire à zéro les émissions nettes de carbone dans la deuxième moitié du siècle, et les Nations Unies ont formulé 17 Objectifs de Développement Durable (ODD), appelant à une production plus verte, une justice sociale accrue, une distribution plus équitable des revenus, des modes de consommation durables et de nouvelles façons de produire la croissance économique.

Peut-on s'attendre à ce que l'innovation réponde à ces défis? Les politiques de la science, la technologie et de l'innovation, sont fondées sur la présomption que l'innovation est une force pour créer un meilleur monde³⁰. L'idée est que développer de nouvelles technologies apportera une productivité de la main d'oeuvre et une croissance économique plus élevées, ainsi qu'une meilleure position concurrentielle. On s'attend à ce que les externalités demeurantes soient gérées par la réglementation. La politique d'innovation consécutivement met l'accent sur stimuler la R&D et établir des systèmes d'innovation nationaux. La présomption est qu'une telle politique conduit à la croissance verte dans laquelle les gouvernements peuvent investir dans des missions de technologies propres, réduire la pollution, et nettoyer l'environnement. Il est aussi supposé que les inégalités seront réduites grâce à de nouvelles opportunités d'emploi générées par la croissance et la redistribution des revenus. Toutefois, il n'en n'est bien sûr ainsi que lorsque nous supposons que, malgré la mondialisation, les états-nations ont la capacité d'investir dans des technologies propres de façon persistante pour une longue période, sont en position d'organiser la fonction de distribution de manière adéquate, de confronter l'évasion fiscale, et ne sont pas capturés et/ou corrompus par d'autres intérêts favorisant l'investissement et la distribution dans d'autres directions. Un défi principal est en effet la possibilité l'Etat d'être en position de pouvoir répondre.

²⁸ European Commission, KI-31-12-921-EN-C

²⁹ https://www.ukro.ac.uk/authoring/researcher/Documents/151215_lund_declaration.pdf

³⁰ Les exceptions incluent la sécurité militaire où l'objectif opératoire est mieux stipulé comme éviter les pires états du monde.

Cette érosion potentielle du pouvoir des états-nations n'est toutefois pas le défi principal. Un défi plus fondamental est la possibilité des externalités créées par la croissance, telles que le changement climatique, d'être gérées ex-post grâce aux technologies propres et aux mesures distributives, même avec un état fort en place. Notre proposition centrale est que les cadres actuels de R&D et de systèmes d'innovation nationaux pour la politique de la science, la technologie, et l'innovation, sont inadéquats pour résoudre les défis sociaux et environnementaux. Une importante raison est que les Cadres 1 et 2 supposent que stimuler l'innovation est positif, il n'y a pas d'engagement de fonds sur le fait que l'innovation représente toujours une certaine directionnalité. Bien sûr, les deux cadres reconnaissent que le développement des technologies puisse conduire à des conséquences négatives dans le court terme mais il est affirmé que le bénéfice global compense pour cela. Par exemple, l'innovation peut entraîner le chômage dans les secteurs connaissant un changement technique rapide; toutefois, à long terme, tout le monde bénéficiera puisque de nouveaux emplois de qualité élevée seront créés. C'est pour cette raison que Schumpeter considérait le changement technique comme un processus de destruction créatrice. Comme Soete (2013) toutefois nous le rappelle, l'innovation peut aussi conduire à la création destructrice bénéficiant une minorité au détriment de la majorité, conduisant à des emplois de faible qualité, et créant plus de problèmes qu'elle n'en résout. Nous pensons qu'il temps de reconnaître dans nos cadres pour la politique de l'innovation que beaucoup de technologies sont profondément impliquées dans les problèmes environnementaux et sociaux persistants.

L'innovation contribue massivement au paradigme actuel, basé l'utilisation intense des ressources, le gaspillage et les combustibles fossiles, de la production et la consommation de masse (Meadows, Randers and Meadows, 2004; Bardi, 2011; Steffen Richardson and Rockström et al, 2015). Elle contribue également directement aux inégalités parce que les trajectoires d'innovation favorisent des solutions de haute technologie supposant une infrastructure de haute qualité et prépondérante, et fabrique des produits des masse visant principalement les consommateurs ayant un pouvoir d'achat substantiel (Kaplinsky, 2011). Les politiques d'innovation dans leurs formats actuels peuvent conduire à la croissance économique mais exacerbent souvent les inégalités. Même la croissance rapide, telle que celle de la Chine, est accompagnée d'inégalités croissantes (Dutrénit and Sutz, 2014). Le point de départ du nouveau troisième cadre pour la politique de la science, la technologie, et l'innovation devrait être que l'innovation ne peut pas être assimilée au progrès social, même lorsque des politiques sociales correctives sont en place. Après tout, l'innovation elle-même peut causer un ensemble croissant d'externalités. Comment donc la politique de la science, la technologie et l'innovation peut-elle résoudre le double défi social et environnemental.

Nous argumentons que pour atteindre les défis ambitieux exprimés par exemple dans les ODD, nous nécessitons un nouveau cadre pour la politique d'innovation. C'est ce que nous appelons le Cadre 3 visant au changement transformateur. Ceci soulève la question - qu'est ce qui doit être transformé? Basé sur les études de recherche sur les transitions vers le développement durable (*sustainability transitions*), nous argumentons qu'une transformation de système sociotechnique est nécessaire dans les systèmes piliers des sociétés modernes que sont l'énergie, la mobilité, l'alimentation, l'eau, la santé et la communication (Grin et al., 2010; Markard et al, 2012; Steward, 2012; OECD 2015). La transformation de système sociotechnique est très différente du simple développement de nouvelles solutions technologiques radicales. Par exemple, la politique de la science, la technologie, et de l'innovation peut focaliser sur l'introduction de véhicules électriques et leur point faible: surmonter la gamme limitée grâce au développement de batteries. Toutefois, si seulement le véhicule électrique est un substitut pour la voiture actuelle et nous continuons avec un système de mobilité dominé par la voiture, l'économie inclusive et à faibles émissions de carbone sera toujours bien loin. Les structures industrielles seront peut être transformées mais les ambitieux ODD ne seront pas atteints. Nous argumentons donc, qu'il serait mieux de focaliser les politiques d'innovation sur le soutien à l'émergence de nouveaux systèmes de mobilité dans lesquels la propriété de la voiture privée, par exemple, est moins importante et que les autres modes de mobilité tels que les petits vans taxis, les transports publics, la marche et le vélo, sont davantage utilisés en combinaison avec, par exemple, les véhicules électriques procurés par des types de sociétés dédiées à la provision de services de mobilité utilisant de l'équipement CIT. Dans ce nouveau système, la planification de la mobilité et donc, aussi la réduction de la mobilité, sont devenues un objectif de tous les acteurs, et même un symbole de comportement moderne. C'est ce que nous appelons une transition de système sociotechnique: il implique la co-production du changement social, comportemental, et technologique de façon interdépendante. La transformation (ou transition) de système sociotechnique concerne le changement de compétences, d'infrastructures, de structures industrielles, de produits, de réglementations, de préférences des utilisateurs et des préférences culturelles. Cela concerne un changement radical dans tous les

éléments de la configuration. Cela rend aussi les transitions de systèmes difficiles, car les éléments ont tendance à être alignés et à se renforcer mutuellement.

Cela implique une innovation sociale puisque le focus porte principalement sur les éléments sociaux et leurs relations avec les opportunités technologiques. Elle peut inclure des solutions de haute qualité ainsi qu'une innovation dans de vieilles technologies (vélos dans l'exemple ci-dessus). L'innovation de systèmes implique toujours de multiples acteurs, dont la société civile et les utilisateurs, qui peuvent jouer un rôle innovateur crucial - et pas seulement celui d'articuler une demande devant être fournie par l'innovation des entreprises (Oudshoorn et Pinch 2003; Schot, Kanger et Verbong 2016).

4.1 Raisonement/Justification pour une intervention politique

Weber and Rohracher (2012) ont exploré différents raisonnements qui légitiment la politique de la science, la technologie et de l'innovation. Ils argumentent que les logiques de défaillance du marché et de défaillance de système qui appuient les politiques d'innovation actuelles doivent être complétées par des politiques destinées à la transformation. Nous acceptons que le cadre de transformation nécessite une narrative forte et analyser les caractéristiques des défaillances pourrait être un bon point de départ. Weber et Rohracher propose que les politiques de changement transformateur commencent avec la reconnaissance de quatre types de défaillances: la directionnalité, la coordination politique, l'articulation de la demande, et la réflexivité. C'est un cadre très utile dans lequel nous souhaitons puiser et auquel nous souhaitons ajouter.

La défaillance de directionnalité fait référence au manque de moyens pour faire des choix sociaux face à des trajectoires alternatives de développement. Le cadre de changement transformateur considère la question de la direction comme point de départ et requiert un processus pour établir les priorités collectives. Il présume la délibération, la diversité d'opinions et donc, le conflit. En définitive, il vise à établir ce que Weber et Rohracher appellent les couloirs de trajectoires de développement acceptables³¹. Stirling (2008; 2009) argumente de façon convaincante que travailler avec la plus grande diversité d'options sans se tourner plus facilement et plus rapidement aux arguments "pour" ou "contre" concernant certaines en particulier est d'une importance essentielle. Résoudre les défaillances de la directionnalité nécessite prendre en compte les options au-delà des limites étroites établies par les opérateurs en place. Cela nourrit les opportunités pour des groupes variés à défier les perspectives dominantes intégrées dans les systèmes sociotechniques actuels³². Toutefois, à un certain point dans le processus, il y aura un besoin de fermer l'exploration et focaliser sur certaines options. Ceci est le cas non seulement parce que les solutions nécessitent une concentration des ressources et un renforcement des capacités, mais aussi pour empêcher un continu de l'investissement dans des options moins prometteuses (d'un point de vue transformationnel) qui bloquera l'amplification des trajectoires durables. Résoudre la défaillance de la directionnalité concerne non seulement le manque de considération d'un large ensemble d'options diverses mais réfère aussi au manque d'attention aux connections entre les options et les ODD et autres défis sociaux. La politique d'innovation transformatrice fait donc face à de difficiles compromis ex ante et continus parmi les intérêts et les visions des différents groupes. La gouvernance de l'innovation transformatrice devrait être reconnue pour ce qu'elle est: un processus politique qui devrait laisser de l'espace à l'évaluation et la négociation du développement d'un ensemble diverse de trajectoires ainsi que d'en choisir certaines en particulier. Dans ce processus de négociation, les visions de groupes variés n'ont pas à être complètement concordantes, les parties prenantes peuvent reconnaître des éléments suffisants communément attractifs qui les concernent afin d'aller de l'avant (Grin et al., 2010: 335).

La défaillance de la politique de coordination fait référence au manque de capacité à coordonner horizontalement les politiques touchant à divers domaines. Ceci est différent de la défaillance de coordination du Cadre 2 qui fait référence à la coordination parmi les acteurs du domaine de la science, de la technologie et de l'innovation. La défaillance de coordination promue par la politique d'innovation pour un changement transformateur concerne les politiques sectorielles spécifiques de la santé, des transports, de l'énergie, de l'alimentation, et de l'agriculture, qui sont évidemment d'une importance cruciale quand le changement de

³¹ Cette définition de la directionnalité est plus large que celle avancée par Stirling (2008; 2009) qui focalise plus sur une extrémité du processus: le besoin pour les politiques d'innovation d'ouvrir une variété de différentes trajectoires.

³² Stirling et al ont développé un outil de configuration multicritère (*multi-criteria mapping*) pour appuyer ce processus, voir <http://www.sussex.ac.uk/mcm>

système sociotechnique dans ces domaines est en jeu. Toutefois, puisque le changement transformateur concerne la transformation de nombreux systèmes, et à la finale, de la structure de l'économie et de la société, la coordination avec les autres politiques transversales, dont la politique fiscale, la politique économique, et la politique sociale, est vitale. Finalement, il existe des défaillances de coordination multi-niveaux à surmonter entre la politique locale, régionale, nationale et internationale. Le changement transformateur nécessite donc une approche pangouvernementale, mais une telle approche est sujette à la bureaucratie, des coûts de transaction énormes et la capture par les opérateurs en place qui prospèrent grâce aux systèmes sociotechniques dominants. Par conséquent, on peut se demander si l'approche habituelle de créer de comités chargés de la coordination, et autres structures de coordination tels que les conseils nationaux de la recherche et de l'innovation surmonteront cette défaillance de politique publique.

Nous argumentons que le changement transformateur nécessite de remédier à la défaillance de coordination en intégrant les améliorations de coordination *pendant la construction* des trajectoires de changement transformateur. Le focus devrait être sur une coordination émergente et ouverte dans un processus de travailler ensemble vers un changement transformateur. La notion de gouvernance provisoire avancée par Kuhlmann and Rip (2014) capture cet esprit. Elle est définie comme une approche qui est prévisionnelle, variable, dynamique, et ouverte et inclut l'expérimentation, l'apprentissage, la réflexivité, et la réversibilité. L'expérimentation est promue dans la littérature sur les transitions vers le développement durable, par exemple au travers du concept de gestion stratégique de niches (Kemp et al., 1998; Schot and Geels, 2008), un moyen de mettre en oeuvre la coordination dans la politique d'innovation. Là, les expérimentations sont considérées comme des espaces temporaires travaillant sur une variété de trajectoires concrètes, dont les acteurs politiques ainsi que les entreprises, la société civile, les utilisateurs et les financiers privés. La gestion stratégique de niches devrait être considérée comme une nouvelle forme de politique et d'action et même une nouvelle forme de gouvernance transformatrice, pas seulement un moyen de piloter ou de démontrer de nouvelles solutions (Turnheim, Kivimaa and Berkhout, 2018). Il est souvent très difficile d'assurer que de tels espaces aillent au-delà de la démonstration technique classique et des projets pilotes. Les expérimentations exigent que les acteurs embrassent l'incertitude et acceptent l'échec comme faisant partie du processus d'apprentissage, un focus sur l'articulation de nouvelles visions et attentes partagées, la mise en place de nouveaux réseaux, et la formation de nouveaux marchés (appelés niches) qui à la finale contesteront les pratiques dominantes dans les institutions et marchés conventionnels.

Finalement, il faut remédier à la défaillance de réflexivité. Pour Weber et Rohracher, il s'agit de la capacité à suivre, anticiper et impliquer, tous les acteurs dans le processus d'auto-gouvernance du changement transformateur. Ceci est en effet important mais, en termes de défaillance, nous souhaitons mettre l'accent sur une forme particulière de réflexivité qui est connectée à l'apprentissage de fonds (ou apprentissage de second degré) et a lieu quand les acteurs questionnent leurs présomptions, par exemple, sur la mobilité et la consommation énergétique (Schot and Geels, 2008). Dans l'élaboration des politiques, les options technologiques sont souvent testées par rapport à une préférence assumée stable telle que le besoin de mobilité et la provision de services de mobilité parce que les véhicules électriques sont considérés comme un substitut pour la voiture à essence actuelle et non pas comme un tremplin vers un nouveau système de mobilité. L'apprentissage de fonds suppose que les acteurs évaluent de façon critique leurs propres préférences et expérimentent avec des alternatives. C'est ce que remédier à la défaillance de réflexivité devrait être: stimuler la capacité à regarder de loin (il peut s'agir d'un future imaginaire ou d'un ensemble de défis sociaux et environnementaux) ses propres habitudes profondément ancrées qui conduisent les comportements collectifs et le changement sociotechnique vers l'optimisation plutôt que vers le changement transformateur.

4.2 Cadre 3: Modèle d' Innovation et Acteurs

Dans le modèle d'innovation sous-jacent le Cadre 3, il n'y a pas de meilleure trajectoire unique vers le développement durable, l'égalité ou tout autre objectif socialement désirable. Plutôt, le processus d'innovation de système (incorporant l'invention, l'innovation, et la diffusion) implique de multiples acteurs dans la négociation de trajectoires alternatives qui ont le potentiel de réaliser un changement du système. Dans ce cadre, le modèle d'innovation doit être expérimental, parce qu' au début, aucune trajectoire n'est connue comme étant adéquate pour atteindre les défis ou réalisable dans l'application à grande échelle. C'est seulement grâce à l'accumulation d'expériences par une variété d'acteurs aux motivations et priorités différentes qu'une ou des trajectoires acceptables peuvent être découvertes et poursuivies. Le but de

l'expérimentation est le changement systémique et perturbateur, informé par le scepticisme que les changements marginaux dans les systèmes existants seront probablement inefficaces. Toutefois, il est vrai que la façon dont l'expérimentation peut générer un changement transformateur au delà du projet pilote et/ou de la gestion de niche qui s'ensuit est jusqu'à présent, peu clair. La question d'ancrer et d'amplifier les expérimentations n'est pas suffisamment abordée dans la littérature ou la pratique (Kivimaa, et al., 2017).

La littérature sur les transitions vers le développement durable suggère que même si avoir des politiques en place pour des expérimentations créant des niches alternatives est d'une importance cruciale, ce n'est pas suffisant. Le dosage des politiques devrait également contribuer à un processus de déstabilisation des systèmes sociotechniques verrouillés existants (Turnheim et Geels, 2012; Kivimaa et Kern, 2016; Rogge et Reichardt, 2016; Kern, Kivimaa et Martiskainen, 2017). La résistance au changement des réseaux d'opérateurs en place bénéficiant des systèmes actuels peut être très forte. De tels réseaux incluent souvent les industries, certaines parties du gouvernement ainsi que les utilisateurs et la société civile. Ces acteurs ne perçoivent pas un besoin de changement dans leur comportement et pensent aussi qu'ils peuvent faire face aux défis à venir au sein des cadres actuels. Cette forme de dominance (*Incumbency*) ne concerne pas seulement les intérêts particuliers et les engagements organisationnels mais aussi le verrouillage cognitif et les valeurs, et donc à la fin, les règles collectives réglementaires, cognitives et normatives dominantes intégrées dans les systèmes sociotechniques dominants. Évidemment, toute tentative de nouvelle politique doit naviguer les politiques préexistantes et trouver des façons de créer une superposition productive des politiques en vigueur et nouvelles.

Il est important de mettre l'accent sur le fait que le Cadre 3 n'est pas principalement un modèle de réglementation de la science et de la technologie. Plutôt, il focalise sur l'innovation comme un processus de recherche au niveau du système, guidé par des objectifs sociaux et environnementaux, informé par l'expérience et l'apprentissage qui accompagne cette expérience, et une volonté de revisiter les arrangements existants pour les de-routiniser afin de résoudre les défis sociétaux. Une affirmation sous-jacente au Cadre 3 est que le processus d'innovation est susceptible d'être efficace pour atteindre ces objectifs s'il est inclusif, expérimental, et vise à changer la direction des systèmes sociotechniques dans toutes leurs dimensions. Puisque les systèmes sociaux-techniques seront protégés par les décideurs politiques, les utilisateurs, et les groupes industriels et de la société civile, qui bénéficient de leur forme actuelle et incarnent des visions du monde et des valeurs que ne nécessiteraient pas un changement systématique, la politique d'innovation transformatrice nécessite un engagement dans les affaires politiques de la science et la technologie et non seulement la politique publique. Ce type d'engagement politique encouragé en est un qui ouvre les espaces d'expérimentation, l'apprentissage sociétal, le débat public, la délibération et la négociation, comme avancé dans le concept antérieur d'évaluation constructive des technologies (Rip, T..J. Misa and Schot, 1995; Schot, 2003).

Le Cadre 3 s'éloigne du modèle d'innovation du Cadre 1, qui focalise sur l'investissement en R&D, et l'élargissement des flux de connaissances utiles dans lesquels les interactions entre le gouvernement et la communauté scientifique sont centrales, avec une attention additionnelle aux questions de diffusion. Il s'éloigne aussi du focus de système du Cadre 2 visant à booster la capacité d'absorption et d'apprentissage du système d'innovation en formant des réseaux de connaissances entre les organisations de producteurs et d'utilisateurs, stimulant l'alignement et la coordination de ces organisations, dans le but de produire un changement technologique et faciliter l'entrepreneuriat au service des objectifs de croissance, de l'emploi, et de la compétitivité internationale. Le modèle d'innovation des Cadres 1 et 2 considèrent les objectifs sociaux et environnementaux comme étant atteints grâce à la croissance économique et la possibilité de redistribution des surplus générés grâce aux améliorations de productivité et la capacité des élites technocratiques à réglementer les externalités au service des objectifs sociaux et environnementaux. Par contraste, le Cadre 3 implique de délibérer et d'explorer ces objectifs sociaux et environnementaux et leurs valeurs sous-jacentes et de les intégrer dans les processus de changement systémique. Il est construit sur la conviction que les processus inclusifs de délibération amènent à des engagements mieux partagés vers une recherche de solutions efficaces aux défis sociaux et environnementaux et la reconnaissance que ces solutions nécessitent une expérimentation et un apprentissage des présomptions et valeurs sous-jacentes. Le Cadre 3 reconnaît que les présomptions et les valeurs sont coproduites dans ces processus, qu'elles sont de nature émergente, et sont davantage configurées et consolidées dans le processus de changement de système. Le Cadre 3 ne suppose pas le consensus. Plutôt, l'innovation sous-jacente fleurit du besoin d'identifier et de travailler avec la diversité, la

dissension et des visions du monde conflictuelles, reconnaissant les contributions qui peuvent être apportées par une large variété d'acteurs, et révèle au grand jour la politique impliquée dans tout processus d'innovation.

Le développement et la mise en oeuvre de la politique d'innovation transformatrice requière une nouvelle base de connaissances. Celle-ci n'est non pas dominée par les sciences économiques et les études sur l'innovation mais plus interdisciplinaire et inclut les contributions des études sur les transitions vers le développement durable, des études de la science et la technologie (STS³³) et plus largement des études sur la gouvernance, l'histoire des technologies, et autres domaines. Etant donné que la transformation est un processus global, elle nécessite aussi une implication profonde des études de développement. Des signes concernant l'émergence d'interactions entre ces domaines existent mais les vues d'ensemble des politiques d'innovation sont souvent bien trop limitées dans l'étendue de leur portée (Smits, Kuhlmann and Shapira, 2010; Fagerberg, Martin and Andersen, 2013; Fagerberg 2016). Il y a encore beaucoup de chemin à faire.

4.3 Cadre 3: Pratiques de politique publique

Les actions politiques nécessaires au changement transformateur peuvent être traduites comme nouvelles missions publiques, mais ceci ne sera pas suffisant et, si réalisé de mauvaise manière, pourrait conduire à des résultats problématiques. L'investissement public tout seul n'apportera pas la transformation de système nécessaire (Kuhlmann and Rip 2014; Foray, Mowery and Nelson, 2012). Les politiques orientées vers les missions pourraient être productives si les missions sont formulées d'une façon ouverte, qui encourage l'expérimentation et la diversité. De nouvelles formes d'engagement et de réseaux sont requises entre les acteurs des secteurs public, privé et du tiers-secteurs.

Le changement transformateur requière un changement de style de vie, et donc des pratiques quotidiennes d'usage de la mobilité, de l'eau, de l'énergie, de l'alimentation et autres ressources, non seulement par les utilisateurs individuels (ou consommateurs) mais aussi par les utilisateurs industriels et professionnels. A la finale, le changement concerne non seulement la construction de nouvelles structures de production, mais aussi d'environnements et de marchés pour les utilisateurs dans lesquels de nouveaux types de demandes et de préférences d'usage seront dominants (Ornetzeder & Rohracher, 2006). Mazzucato (2015; 2016) met l'accent sur le besoin de façonner et créer activement. Un tel processus ne peut pas être laissé aux producteurs, il doit impliquer les utilisateurs dans une large gamme de capacités: en tant qu'utilisateurs-producteurs (utilisateurs-entrepreneurs) trouvant de nouvelles solutions, utilisateurs-légitimateurs procurant de nouvelles visions et attentes qui aident à former les décisions d'investissement et les changements politiques, les utilisateurs-intermédiaires négociant des contacts entre les producteurs et les groupes plus larges d'utilisateurs, les utilisateurs-citoyens faisant pression pour une plus large réforme du système et les utilisateurs-consommateurs développant de nouveaux styles de vie, préférences, et practices (Ornetzeder and Rohracher, 2006; Schot et al 2016;). Cette implication des utilisateurs va beaucoup plus loin qu'une sensibilisation accrue et/ou des mesures pour articuler la demande existante. Plutôt, les pratiques de politique d'innovation transformatrice devraient chercher des contributions actives et trouver des façons d'assister les utilisateurs dans la construction de nouvelles demandes, des environnements des utilisateurs et des marchés.

Dans ce cadre, il est essentiel de penser aux besoins sociaux et environnementaux et le processus de recherche doit être guidé par les améliorations en *anticipation* des effets et conséquences collatéraux. Développer des processus grâce auxquels l'anticipation est réalisable est une priorité pour mettre le Cadre 3 en pratique. Des conseils sur les processus qui facilitent l'anticipation sont disponibles dans les pratiques développées en connexion avec les activités de prévisions et celles des groupes d'évaluation de technologies. Le focus de leurs efforts est souvent dirigé à l'application commerciale à grande échelle visant à saisir la prochaine vague d'opportunité technologique qui pourrait ouvrir de nouvelles possibilités, comme l'évaluation des technologies dans la nanotechnologie ou la biotechnologie. Dans le Cadre 3, le but de l'anticipation est d'identifier les domaines d'expérimentation et, en faisant cela, d'examiner les conséquences qui pourraient en suivre en termes d'utilisation d'énergie et de matériaux, les emplois susceptibles d'être créés, et les effets sur l'environnement de l'introduction et l'utilisation de nouveaux artefacts physiques ou processus d'information. La délibération anticipatoire vise non pas à produire des plans, mais à générer de multiples possibilités et

³³ Science and Technology Studies

diverses trajectoires. Elle vise à soutenir un processus de recherche et d'apprentissage collectifs plutôt qu'une évaluation de court terme basée sur des critères étroits et une prise de décision de type oui/non.

L'anticipation est par nature spéculative. Même si elle peut procurer les vastes contours de possibilités, elle ne peut pas prévoir les détails mis au grand jour seulement lors de l'expérimentation et l'apprentissage. Donc, bien qu'essentielle, l'anticipation doit être combinée avec l'expérimentation dans une gamme de possibilités suggérée par les exercices d'anticipation. Est-il mieux de recycler que de réparer et moderniser. Quelles pratiques agricoles prouveront être des alternatives viables à la dépendance actuelle aux combustibles fossiles pour l'énergie, les engrais, le transport, et la transformation? Quelles pratiques seront les plus efficaces pour permettre des infrastructures et bâtiments neutres en carbone. Ici, nous retournons à notre argument qu'on ne peut répondre à ces questions qu'avec seulement l'expérimentation à une échelle qui va bien au delà de la R&D de laboratoire. Elle appelle à l'expérimentation sociale. C'est seulement avec la pratique réelle que l'expérience et l'apprentissage de fonds sont générés et que les avantages et les désavantages d'une trajectoire d'innovation particulière peuvent être identifiés et remédiés par une révision ou en choisissant une trajectoire de développement différente. L'apprentissage de fonds a lieu collectivement et permet des changements dans les cadres cognitifs et les présomptions et est comparable à l'apprentissage de second degré (Schot and Geels, 2008). L'expérimentation sociétale doit inclure l'innovation de la base (*grassroots innovation*³⁴) avec les communautés et la société civile (Smith and Seyfang, 2013). Le Cadre 3 envisage que l'expérimentation cultive et nourrit de nouvelles trajectoires et, dans le processus, contestent les entreprises en place et les agences gouvernementales qui sont alignées avec elles (les acteurs du régime) dans la préservation de la trajectoire existante. Comme indiqué ci-dessus, cela implique des luttes politiques autour du nouvel objectif de développement durable et requière des réseaux d'opérateurs en place, dont les entreprises, d'accomplir un processus de réorientation stratégique (Geels and Penna, 2015). Dans ce processus, le rôle des acteurs intermédiaires à promouvoir les niches concurrentielles, des visions et des politiques nouvelles, est crucial (Kivimaa, 2014), tout comme la formation de réseaux comprenant à la fois des acteurs des niches et des régimes dominants (Diaz, Darnhofer, Darrot et al., 2013).

Le besoin d'anticipation, d'expérimentation, d'apprentissage et la formation de réseaux et d'alliance de relais, suggère des nouveaux arrangements institutionnels et des structures de gouvernance qui chevauchent les gouvernements, les marchés, et la société civile. Il suggère aussi l'implication de la finance publique et privée et de nouvelles façons de partager et de s'approprier les gains de connaissances issues de ces activités. En plus de ces arrangements institutionnels, les façons de mieux connecter les institutions existantes pour atteindre une coordination et pour enregistrer et apprendre des processus d'anticipation et d'apprentissage sont nécessaires. Ceci requière de nouveaux ensembles de compétences pour concilier les domaines des sciences sociales et des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) qui ont été une priorité dans de nombreux pays cherchant à répondre aux impératifs de la concurrence internationale et de la croissance économique par l'augmentation de productivité. De telles compétences de conciliation peuvent être développées grâce à la pratique émergente de la recherche et de l'innovation responsable (Stilgoe, Own and Macnaghten, 2013; Rip, 2014). Quand les objectifs fixés pour les systèmes sociotechniques reflète une gamme de besoins sociaux et environnementaux et des idées plus inclusives sur le bien-être social, établir un pont entre ce qui est possible et ce qui est désirable exigera aussi des individus ayant les capacités de concilier les domaines sociaux, scientifiques et technologiques. Cela implique une réorientation de la politique d'éducation et, à la finale, une pédagogie qui soit cohérente avec la transition désirée vers des résultats plus durables.

5. Discussion Finale

Le Cadre 3 soulève des questions concernant les lacunes de la science, la technologie et l'innovation pour adresser les problèmes de développement durable et de pauvreté ou de distribution inéquitable des revenus.

³⁴ Le terme "grassroots innovation" est défini comme un ensemble d'activités dans lesquelles des réseaux de voisins, groupes communautaires, et activistes, travaillent avec d'autres personnes pour générer des solutions ascendantes pour des développements durables; des solutions nouvelles qui répondent à la situation locale et aux intérêts et aux valeurs des communautés impliquées; et dans lesquelles ces communautés ont le contrôle sur le processus et les résultats (Seyfang & Smith, 2007)

Ces lacunes sont largement considérées comme externes à la politique d'innovation dans les Cadres 1 et 2. Cela rend ces cadres partiellement incompatibles. Toutefois, notre articulation du Cadre 3 n'implique pas que nous pensons que les gouvernements devraient complètement abandonner les Cadres 1 et 2. L'investissement dans les infrastructures de connaissances et la R&D est un composant important de toute politique de la science, la technologie et de l'innovation ainsi que la formation d'un ensemble de liens entre les principaux acteurs et l'encouragement d'interactions productives et de processus d'apprentissage entre eux dans le contexte des systèmes d'innovation nationaux, sectoriels, régionaux et, en fait, transnationaux. Les contextes de politique du monde réel impliquent toujours une large gamme d'instruments politiques puisant sur plusieurs raisonnements. L'évolution des politiques peut prendre trois formes: ajouter de nouveaux instruments et objectifs (superposition), ajouter de nouveaux objectifs et de nouveaux raisonnements sans changer les instruments (dérive) et ajouter des instruments sans changer les raisonnements (conversion) (Voir Kivimaa and Kern, 2016). Ce que nous avons vu dans le travail avec le Consortium de Politique d'Innovation Transformatrice sont principalement des formes de dérive et de conversion, beaucoup moins de juxtaposition (Chataway, Daniels and Kanger et al, 2016). La juxtaposition peut aussi conduire à des incohérences, et c'est là où notre pensée concernant la combinaison des trois cadres devrait commencer: quelles sont les formes productives de juxtaposition?

Nous souhaitons argumenter que les incohérences entre les Cadres et les instruments peuvent être évitées en pensant à la juxtaposition au travers du prisme d'un cadre particulier. Si nous regardions les Cadres 1 et 2 du point de vue du cadre 3, nous verrions que les investissements en R&D promus dans le Cadre 1 doivent être alignés avec les processus d'anticipation et d'expérimentation en cours et les processus pour l'établissement de trajectoires durables. Évaluer si la réglementation pose des barrières au changement de systèmes sociotechniques ainsi que la façon dont elle pourrait être utilisée pour contribuer au processus transformateur, par exemple avec l'élaboration de normes pour le processus technique, est aussi nécessaire. Les processus d'élaboration de systèmes d'innovation et de promotion de l'entrepreneuriat doivent aussi s'ouvrir. On doit poser les questions de savoir si les systèmes et l'activité entrepreneuriale actuelle conduisent seulement à une gamme connexe, renforçant les trajectoires non-durables, ou s'il existe également une marge pour une gamme indépendante qui permettrait une diversification du processus vers de nouvelles directions plus durables (Frenken, 2017). De plus, ce n'est pas seulement l'apprentissage par l'utilisation, la production et l'interaction qui serait encouragé dans le Cadre 2, ils sont tous des exemples d'apprentissage du premier degré, mais aussi l'apprentissage de fonds. Ceci peut seulement avoir lieu quand les systèmes d'innovation acceptent le conflit, la diversité et la dissension. A long terme, les initiatives du Cadre 3 devraient être autorisées à configurer la composition et la directionnalité des systèmes d'innovation et des investissements en R&D.

Toutefois, même si les acteurs de politique publique étaient capables de coordonner entre les cadres et, par conséquent, permettre une justification productive dans une perspective du Cadre 3, une incompatibilité entre les cadres demeure, que les acteurs de politique publique devront naviguer. La raison en est que le Cadre 3 encourage un ensemble plus profond de questions concernant l'adéquation des systèmes sociotechniques de prévision actuels aux objectifs sociétaux et, à la finale concernant la gouvernance des processus d'innovation. Il affirme qu'à la finale, nous nécessiterons un changement transformateur dans beaucoup de systèmes sociotechniques pour une provision durable de l'alimentation, l'énergie, la mobilité, la santé, l'eau et la communication. Un tel changement de systèmes ne concerne pas seulement la production mais aussi la distribution et la consommation, et donc implique tous les acteurs de l'économie et de la société, et par conséquent est omniprésent dans toute l'économie et la société au sens large. La grande transformation de systèmes requise peut être appelée Deuxième Transition Profonde (*Second Deep Transition*) (Schot, 2016; Schot and Kanger, 2018). La transition est profonde parce qu'elle implique changer un ensemble de directions profondément intégrées telles que la production de masse, la consommation de masse individualisée, la productivité, l'intensité de l'utilisation des ressources, l'intensité en carbone, la production globale, partagées parmi plusieurs systèmes sociotechniques. Ces directions ont conduit à des niveaux élevés de richesses et de bien-être dans de nombreux pays, mais ont aussi laissé pour compte beaucoup de personnes dans les pays en voie de développement, et contribue actuellement à un accroissement des inégalités également au sein des pays riches et très innovateurs. Ils ont aussi conduit à une augmentation de l'intensité de l'utilisation des ressources, un verrouillage carbone, et une dégradation écologique sévère. Ces directions furent créées durant la Première Transition Profonde vers la modernité industrielle. La magnitude des changements sociaux et

techniques requise pour une Deuxième Transition Profonde implique entrer dans une phase de l'histoire de l'industrialisation, du capitalisme industriel et peut-être même de la modernité. Le cadre implique de construire une nouvelle relation entre l'état, le marché, et la société civile, plus vraisemblablement, de nouvelles formes d'action étatique proactive et entrepreneuriale à l'échelle nationale ainsi qu'aux niveaux de villes, de nouveaux réseaux entre l'état, les entreprises et la société civile, et de nouvelles structures supranationales pour assurer la coordination.

A la finale, ces nouvelles relations délégitimeront l'argument de défaillance de marché sur lequel s'appuie le Cadre 1. Elles questionneront la contribution de l'investissement en R&D aux buts et objectifs sociaux, et argumenteront pour une implication du gouvernement et un investissement dans les situations où cette contribution est absente. Cela pourrait conduire à un partenariat beaucoup plus intense avec les investissements des gouvernements, interférant avec ce qui est considéré comme un marché libre et donc être jugé comme un anathème à la pensée du Cadre 1. Le Cadre 3 pourrait aussi conduire à une révision complète de la pertinence de la notion de systèmes d'innovation et de qui est impliqué et peut parler au nom de qui. Plutôt que la recommandation d'élaborer des systèmes d'innovation de types variés, il pourrait conduire à la conclusion que le rôle du gouvernement est précisément le contraire: expérimenter et transformer l'ensemble des relations actuelles et, par exemple, focaliser sur le local et le transnational, plutôt que les liens nationaux.

Les Cadres 1 et 2 ont émergé et furent développés principalement aux Etats-Unis et en Europe et ont été critiqués d'un point de vue du développement. Les deux cadres supposent que les pays en voie de développement doivent, élaborer leur propre processus de systèmes d'innovation afin d'absorber ce qui vient du monde développé et renforcer leur propre capacité. Le Cadre 3 ne suppose pas que les innovations et le changement de systèmes sociotechniques viendra nécessairement du Nord et que les autres pays doivent faire du rattrapage avec ces innovations. Au contraire, la présomption est que le Nord comme le Sud sont en position d'expérimenter avec, et contribuer au, changement transformateur et qu'un apprentissage mutuel de fonds peut être bénéfique. Dans ce cadre, des trajectoires diverses sont promues et la création, l'expérimentation et l'adaptation locales au sein d'un processus complexe de transformation de systèmes devrait être chéries.

Une question finale concerne la possibilité que le changement transformateur soit un objectif trop ambitieux pour la communauté d'universitaires et de praticiens actuellement engagée dans la politique de la science, la technologie, et l'innovation³⁵. D'une part la réponse est clairement oui, un tel changement ne peut pas être réalisé seulement par les politiques de STI, d'autres politiques doivent aussi contribuer. On devrait même aller plus loin et reconnaître que le changement transformateur n'arrivera pas grâce à de nouvelles politiques, c'est un processus historique beaucoup plus large, dans lequel beaucoup d'acteurs participent déjà activement. La politique d'innovation transformatrice devrait donc être considérée comme une réponse à ce qui se passe dans le monde contemporain en transition. Nous souhaiterions ajouter que les défis tels que définis et exprimés dans les ODD sont très réels. Si les inégalités deviennent plus sévères, les conséquences du changement climatique et de la pollution commencent à frapper plus fort, conduisant par exemple à davantage de migration et contribuant peut-être même à plus de conflits, le soulèvement populaire et la menace de conflits armés forceront finalement les gouvernements et autres acteurs à répondre. La science, la technologie, et l'innovation, devront faire partie de cette réponse puisqu'elles sont extrêmement impliquées dans la génération de ce qu'on appelle les externalités. Il est donc urgent et opportun pour les décideurs politiques et les chercheurs dans ce domaine non pas d'attendre mais de non seulement développer un nouveau cadre mais aussi de commencer à expérimenter avec des nouvelles pratiques de politique. Celles-ci devraient adresser les doubles défis sociaux et environnementaux de front et contribuer aux transitions pacifiques et à moindre coûts vers de nouveaux systèmes sociotechniques.

Remerciements:

Cette étude a été partiellement financée par le Consortium sur la Politique de l'Innovation Transformatrice (Transformative Innovation Policy Consortium, TIPC), un programme collaboratif multipartenaire sur le

³⁵ L'ampleur de ce défi pour cette communauté a été soulignée par Nelson (2013).

renforcement de capacités et l'expérimentation des politiques publiques (voir <http://tipconsortium.net/>). Les auteurs souhaitent remercier Sandra Pointel pour la traduction de leur article.

Références

- Abramovitz, M., 1956. Resource and output trends in the United States Since 1870. *The American Economic Review* 46(2), 5-23.
- Arrow, K. J., 1962. Economic welfare and the allocation of resources for invention, in: Nelson, R. (Ed), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. National Bureau of Economic Research and Princeton University Press, Princeton NJ, pp. 609-625.
- Arthur W. B., 1983. On competing technologies and historical small events: The dynamics of choice under increasing returns. IIASA Working Paper WP-83-090. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Bardi, U., 2011. *The Limits to Growth Revisited*. Springer, New York, NY.
- Benford, R. D. and Snow, D. A., 2000. Framing processes and social movements: An overview and assessment. *Annual Review of Sociology* 26, 611-639.
- Bernal, J. D., 1939. *The Social Function of Science*: MIT Press, Cambridge MA.
- Boschma, R. A., 2005. Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies* 39(1), 61-74.
- Bunnell, T., 2002. Multimedia utopia? A geographical critique of high-tech development in Malaysia's Multimedia Super Corridor. *Antipode* 34(2), 265-295.
- Bush, V., 1945. *Science: The Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*. United States Office of Scientific Research and Development (1945), National Science Foundation (reprint 1960), Washington DC.
- Callon, M., 1994. Is science a public good? Fifth Mullins Lecture, Virginia Polytechnic Institute, 23 March 1993. *Science, Technology and Human Values* 19, 395-424.
- Carson, R., 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, New York.
- Castells, M. and Hall, P. A., 1994. *Technopoles of the World: Making of 21st Century Industrial Complexes*. Routledge, New York NY.
- Chataway, J., Hanlin, R. and Kaplinsky, R., 2014. Inclusive innovation: an architecture for policy development. *Innovation and Development* 4 (1), 33-54.
- Chataway, J., Daniels, C., Kanger, L., Ramirez, M., Schot, J. and Steinmueller, W. E., 2017. Developing and enacting transformative innovation policy: a comparative study. Paper presented at the 8th International Sustainability Transitions Conference, 16-21 June Gothenberg, Sweden. Downloaded on 14 July 2018 from <http://tipconsortium.net/wp-content/uploads/2018/04/Developing-and-enacting-Transformative-Innovation-Policy-A-Comparative-Study.pdf>
- Cohen, L. and Noll, R., 1991. *The Technology Pork Barrel*. The Brookings Institution Press, Washington DC.
- Cohen, W. M. and Levinthal, D. A., 1989. Innovation and learning: The two faces of R&D. *Economic Journal* 99(397), 569-596.
- Colistete, R. P., 2010. Revisiting import-substituting industrialisation in post-war Brazil. Department of Economics, University of Sao Paulo. Munich Personal RePEc Archive, Downloaded on 14 July 2018 from https://mpra.ub.uni-muenchen.de/24665/1/MPRA_paper_24665.pdf.
- Collins, H. M., 1974. The TEA set: Tacit knowledge and scientific networks. *Science Studies* 4, 165-186.
- Cooke, P., 2001. Regional innovation systems, clusters and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change* 10(4), 945-974.
- Dasgupta, P. and David, P. A., 1994. Toward a new economics of science. *Research Policy* 23(5), 487-521.
- David, P. A., 1975. *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Diaz, M., Darnhofer, I., Darrot, C. et al., 2013. Green tides in Brittany: What can we learn about niche-regime interactions?. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 8, 62-75.
- Dutrénit, G. and Sutz, J. (Eds.), 2014. *National Systems of Innovation, Social Inclusion and Development. The Latin American Experience*. Edward Elgar, Cheltenham UK.
- Edquist, C., (Ed), 1997. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Pinter, London.
- Etzkowitz, H., 1998. The norms of entrepreneurial science: Cognitive effects of the new university–industry linkages. *Research Policy* 27, 823–833.
- Etzkowitz, H., 2008. *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge, New York NY.
- Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (Eds), 1997. *Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Cassell Academic, London.

- European Commission, 2010. Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth COM(2010). European Commission Brussels.
- Fagerberg, J., Martin, B.R. and Andersen, E.S. (Eds), 2013. Innovation Studies. Evolution, Future and Challenges.: Oxford University Press, Oxford
- Fagerberg, J., 2016. Innovation policy: Rationales, lessons and challenges. *Journal of Economic Surveys* 31(2), 497-512.
- Foray, D., Mowery, D. C. and Nelson, R. R., 2012. Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs. *Research Policy* 41(10), 1697-1702.
- Freeman, C., 1974. *The Economics of Industrial Innovation*. Penguin, London.
- Freeman, C., 1987. *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*. Pinter, London.
- Freeman, C., 1988. Japan: A new national system of innovation, in: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. R., Silverberg, G. and Soete, L. (Eds), *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London, pp. 330-348.
- Frenken, K., 2017. A complexity-theoretic perspective on innovation policy. *Complexity, Governance and Networks* Downloaded on 14 July 2018 from <http://ubp.uni-bamberg.de/ojs/index.php/cgn/article/view/41/pdf>, 35-47.
- Friedman, T. L., 2005. *The World Is Flat: A Brief History of the Twenty-First Century*. Farrar Straus Giroux, New York.
- Galison, P., and Hevly, B. (Eds), 1992. *Big Science: The Growth of Large-scale Research*. Stanford University Press, Stanford CA.
- Garnsey, E. and Heffernan, P., 2005. High-technology clustering through spin-out and attraction: The Cambridge case. *Regional Studies* 39 (8), 1127-1144.
- Geels, F. W. and Penna, C. C. R., 2015. Societal problems and industry reorientation: Elaborating the Dialectic Issue LifeCycle (DILC) model and a case study of car safety in the USA (1900-1995). *Research Policy* 44 (1), 67-82.
- Geiger, R. L., 1993. *Research and Relevant Knowledge: American Research Universities Since World War II*. Oxford University Press, New York NY.
- Gertler, M. S., 2001. Best practice? Geography, learning and the institutional limits to strong convergence. *Journal of Economic Geography* 1, 5-26.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H. et al., 1994. *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Sage, London.
- Goffman, E., 1974. *Frame Analysis: An Essay on the Organization of the Experience*. Harper Colophon, New York NY.
- Graham, O., 1994. *Losing Time: The Industrial Policy Debate*. Harvard University Press, Cambridge MA.
- Grin, J., Rotmans, J. and Schot, J., 2010., *Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. Routledge, New York NY.
- Irwin, A., 2006. The politics of talk: Coming to terms with the 'new' scientific governance. *Social Studies of Science* 36(2), 299-320.
- Jorde, T. and Teece, D., 1990. Innovation and cooperation: Implications for competition and antitrust. *The Journal of Economic Perspectives* 4(3) (Summer), pp. 75-96.
- Kaplinsky, R., 2011. Schumacher meets Schumpeter: Appropriate technology below the radar. *Research Policy* 40(2), 193-203.
- Keeley, B., 2015. *Income Inequality: The Gap between Rich and Poor*. OECD (OECD Insights), Paris.
- Kemp, R., Schot, J. and Hoogma, R., 1998. Regime-shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technology Analysis & Strategic Management* 10, 175-196.
- Kenney, M., (Ed.), 2000, *Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region*. Stanford CA: Stanford University Press.
- Kern, F., Kivimaa, P. and Martiskainen, M., 2017. Policy packaging or policy patching? The development of complex energy efficiency policy mixes. *Energy Research & Social Science* 23, 11-25.
- Kim, L., 1999. *Learning and Innovation in Economic Development*. Edward Elgar, Cheltenham UK.
- Kivimaa, P., 2014. Government-affiliated intermediary organisations as actors in system-level transitions. *Research Policy* 43(8), 1370-1380.
- Kivimaa, P. and Kern, F., 2016. Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy* 45 (1), 205-217.

- Kline, S. J. and Rosenberg, N., 1986. An Overview of Innovation, in: Landau R. and Rosenberg, N. (Eds), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academic Press, Washington D.C., pp. 275-305.
- Kuhlmann, S. and Rip, A., 2014. The challenge of addressing Grand Challenges. A think piece on how innovation can be driven towards the “Grand Challenges” as defined under the European Union Framework Programme Horizon 2020, Report to ERIAB DOI: 10.13140/2.1.4757.184.
- Kulicke, M. and Krupp, H., 1987. The formation, relevance and public promotion of new technology-based firms. *Technovation* 6(1), 47-56.
- Kuznets, S., 1973. Modern Economic Growth: Findings and Reflections. *The American Economic Review* 63(3), 247-258.
- Light, J.S., 2003. *From Warfare to Welfare. Defense Intellectuals and Urban Problems in Cold War America*. John Hopkins University Press, Baltimore MD.
- Link, A. N. and Scott, J. T., 2003. The growth of Research Triangle Park. *Small Business Economics* 20(2), 167-175.
- London, T. and Hart, S. L., 2004. Reinventing strategies for emerging markets: Beyond the transnational model. *Journal of International Business Studies* 35(5), 350-370.
- Longhi, C., 1999. Networks, collective learning and technology development in innovative high technology regions: The case of Sophia-Antipolis. *Regional Studies* 33(4), 333-342.
- Lundvall, B.-A., 1985. *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg University Press, Aalborg DK.
- Lundvall, B.-A., 1988. Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to national systems of innovation, in: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. R., Silverberg, G. and Soete, L. (Eds), *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London.
- Lundvall, B.-A. (Ed.), 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London.
- Lundvall, B.-A., Joseph, K. J., Chaminade, C. et al. (Eds.), 2009. *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries*. Edward Elgar, Cheltenham UK.
- Machin, S. and Vignoles, A., 2015. Education policy in the UK. Centre of the Economics of Education, London School of Economics (<http://cee.lse.ac.uk/ceedps/ceedp57.pdf>), London.
- Markard, J., Raven, R. and Truffer, B., 2012. Sustainability transitions: an emerging field of research and its prospects. *Research Policy* 41 (6), 955-967.
- Martin, B. and Irvine, J., 1989. *Research Foresight: Priority Setting in Science*, Pinter: London.
- Martin, B. and R. Johnston, 1999. Technology foresight for wiring up the national innovation system. *Technological Forecasting and Social Change* 60, 37-54.
- Mazzucato, M., 2013. *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press, London.
- Mazzucato, M., 2015. Innovation systems: From fixing market failures to creating markets. *Intereconomics* 50 (3), 120-125.
- Mazzucato, M., 2016. From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. *Industry and Innovation* 23(2), 140-156.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. et al., 1972. *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books, New York NY.
- Meadows, D. L., Randers, J. and Meadows, D. L., 2004. *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green, White River Junction VT.
- Miller, S., 2001. Public understanding of science at the crossroads. *Public Understanding of Science* 10(1), 115-120.
- Mowery, D. C. and Rosenberg, N., 1989. *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nelson, R. R., 1959. The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy* 67(3), 297-306.
- Nelson, R. R., 2013, Reflections on the study of innovation and on those who study it, in: Fagerberg, Martin and Andersen (Eds) (2013), pp. 187-193.
- OECD, 2015. *System Innovation: Synthesis Report*. OECD, Paris.
- Ornetzeder, M. and Rohracher, H., 2006. User-led innovations and participation processes: Lessons from sustainable energy technologies. *Energy Policy* 34, 138–150.

- Oudshoorn, N. and Pinch, T. (Eds), 2003. *How Users Matter: The Co-Construction of Users and Technology*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Prebisch, R., 1950. *The Economic Development of Latin America and its Principal Problems*. United Nations Department of Economic Affairs, Lake Success, NY.
- Radjou, N., Prabhu, J. and Ahuja, S., 2012. *Jugaad Innovation: Think Frugal, Be Flexible, Generate Breakthrough Growth*. Jossey-Bass/Wiley, London.
- Rip, A., Misa, T.J. and Schot, J. (Eds), 1995. *Managing Technology in Society. The Approach of Constructive Technology Assessment*. Pinter: London.
- Rip, A., 2014. The past and future of RRI. *Life Sciences, Society and Policy* 10 (17), 1-15.
- Rogge, K. S. and Reichardt, K., 2016. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. *Research Policy* 45(8), 1620-1635.
- Rosenberg, N., 1990. Why do firms do basic research (with their own money). *Research Policy* 19(2), 165-174.
- Sagasti, F. R., 1980. The two civilizations and the process of development. *Prospects (UNESCO)* 10(2), 123-139.
- Saxenian, A., 1996. *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press. Cambridge MA.
- Schön, D. and Reid, M., 1994. *Frame Reflection of Intractable Policy Controversies*. Basic Books, New York NY.
- Schot, J., 2003. The contested rise of a modernist technology politics, in: Misa, T. J., Brey, P. and Feenberg, A., *Modernity and Technology*. The MIT Press. Cambridge, MA, pp. 257-278.
- Schot, J. 2016. Confronting the second deep transition through the historical imagination. *Technology and Culture* 57(2), 445-456.
- Schot, J. and Geels, F. W., 2008. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis and Strategic Management* 20(5), 537-554.
- Schot, J. and Kanger, L., 2016. *Deep transitions: Emergence, acceleration, stabilization and directionality*, SPRU Working Paper Series 2016-15, Falmer Brighton UK.
- Schot, J. and Kanger, L., forthcoming. *Deep Transitions: Theorizing the long-term patterns of socio-technical change*. *Environmental Innovation and Societal Transitions*.
- Schot, J., Kanger, L. and Verbong, G., 2016, The roles of users in shaping transitions to new energy systems. *Nature Energy* 1, 1-7.
- Schumacher, E. F., 1974. *Small Is Beautiful*. Abacus Press, London.
- Schumpeter, J. A., 1947. *Capitalism, Socialism and Democracy*, Second Edition. Harper and Row, New York NY.
- Schumpeter, J. A., 1949. *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge MA.
- Singer, H., 1950. The distribution of gains between investing and borrowing countries. *The American Economic Review* 40(2), 473-485.
- Smith, A., 1960 [1776]. *The Wealth of Nations*. The Modern Library, Random House, New York.
- Smith, A. and Seyfang, G., 2013. Constructing grassroots innovations for sustainability. *Global Environmental Change* 23(5), 827-829.
- Smits, R., Kuhlmann, S. and Shapira, P. (Eds), 2010. *The Theory and Practice of Innovation Policy: An International Research Handbook*. Edward Elgar, Cheltenham UK.
- Soete, L., 1985. International diffusion of technology, industrial development and technological leapfrogging. *World Development* 13(3), 409-422.
- Soete, L., 2013. From emerging to submerging economies: New policy challenges for research and innovation. *Science Technology and Innovation Policy Review* 4(1), 1-13.
- Solow, R. M., 1957. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics* 39(3), 312-320.
- Steffen, W., Richardson, K. and Rockström, J., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 736-746.
- Steinmueller, W. E., 2010. Economics of technology policy, in: B. Hall and N. Rosenberg, *Handbook of the economics of innovation* (vol. 2). North Holland, Amsterdam, 1181-1218.
- Steward, F., 2012. Transformative innovation policy to meet the challenge of climate change: socio-technical networks aligned with consumption and end-use as new transition arenas for a low-carbon society or green economy. *Technology Analysis & Strategic Management* 24(4), 3331-43.

- Stewart, F., 1973. *Technology and Underdevelopment*. MacMillan: London.
- Stewart, F., 2008. Technology and underdevelopment. *Development Policy Review* A10(1), 92-105.
- Stilgoe, J., Owen, R. and Macnaghten, P., 2013. Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy* 42(9), 1568-1580.
- Stirling, A., 2008. 'Opening up' and 'closing down' power, participation, and pluralism in the social appraisal technology. *Science, Technology, and Human Values* 33(2), 262-294.
- Stirling, A., 2009. Direction, distribution, diversity! Pluralising progress in innovation, sustainability and development. STEPS Working Paper 32, STEPS Centre, University of Sussex.
- Stokes, D. E., 1997. *Pasteur's Quadrant - Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press, Washington DC.
- Tatsuno, S., 1986. *The Technopolis Strategy: Japan, High Technology, and the Control of the Twenty-First Century*. Prentice Hall, New York NY.
- Taylor, C., 2003. *Modern Social Imaginaries*. Duke University Press, Durham NC.
- Tindemans, P., 2009. Post-war research, education and innovation policy-making Europe, in: Delanghe, H., Muldur, U. and Soete, L., *European Science and Technology Policy: Towards Integration or Fragmentation?* Edward Elgar, Cheltenham UK, pp. 3-24.
- Turnheim, B. and Geels, F.W., 2012. Regime destabilisation as the flipside of energy transitions: lessons from the history of the British coal industry (1913-1997). *Energy Policy* 50, 35-49.
- Turnheim, B., Kivimaa, P., Berkhout, F. (Eds), 2018. *Innovating Climate Governance: Moving Beyond Experiments*. Cambridge University Press, Cambridge.
- United Nations, 2015, *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Downloaded on 29 November 2017 from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.
- US Congress, 1969, *Hearings Before the Joint Committee on Atomic Energy, 91st Congress, First Session, 17-18th April, Part 1*, US Government Printing Office, Washington DC.
- van Zanden, J. L., Baten, J., d'Ercole M. M. et al., 2014. *How was life? Global well-being since 1820*. OECD Development Centre, Paris.
- Vis, N. and Paschen, H., 2000. *Parliaments and Technology. The Development of Technology Assessment in Europe*. State University Press of New York Press, New York, NY.
- von Hippel, E., 1976. The dominant role of users in the scientific instrument innovation process. *Research Policy* 5(3), 212-239.
- von Hippel, E., 1988. *The Sources of Innovation*. Oxford University Press, New York NY.
- von Hippel, E., 1994. 'Sticky information' and the locus of problem solving: Implications for innovation. *Management Science* 40(4), 429-439.
- Weber, K.M. and Rohracher, H., 2012. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. *Research Policy* 41, 1037-1047.