

C

Politique d'innovation, commerce et défi numérique

La présente section porte sur la politique en matière d'innovation et traite des raisons qui la justifient d'un point de vue économique ainsi que de son impact concret. Pour qu'il y ait innovation, il faut que de nouvelles connaissances soient créées grâce à l'investissement dans la recherche, puis diffusées par le système éducatif ou les publications, les brevets et l'échange d'idées. Lorsque des entreprises ou des pouvoirs publics soutiennent le progrès technologique en utilisant ces connaissances ou leur présence dans des inventions pour changer des processus, des comportements ou des technologies, la croissance économique peut être affectée en fonction de plusieurs paramètres. Dans tous les pays, la diffusion des nouvelles technologies dépend des institutions, du niveau d'ouverture économique ainsi que de l'investissement dans l'éducation et la recherche.



Sommaire

1. Introduction	86
2. Raisons qui justifient une politique d'innovation à l'ère numérique	90
3. Les facteurs déterminants de l'innovation à l'ère numérique	100
4. Les effets transfrontières des politiques d'innovation	129
5. Conclusions	136

Faits saillants et principales constatations

- Diverses défaillances du marché en ce qui concerne l'innovation, telles que des défaillances de coordination entre les industries, justifient l'intervention des pouvoirs publics d'un point de vue économique.
- Certaines particularités des innovations numériques, comme le fait qu'elles peuvent être appliquées dans un large éventail de secteurs ou que leur valeur augmente avec leur utilisation, plaident en faveur d'une politique publique axée sur l'innovation numérique.
- Les politiques d'innovation ont le potentiel d'accroître la taille des marchés, d'augmenter la concurrence sur les marchés de produits, de renforcer la productivité de la recherche-développement et d'améliorer la capacité des entreprises d'en tirer profit.
- Les politiques relatives au commerce, à l'investissement étranger, aux migrations et aux données contribuent à inciter les entreprises à innover car elles ont des effets sur la taille des marchés et sur la concurrence. Elles permettent aussi aux entreprises nationales d'accéder aux technologies et au savoir-faire étrangers.
- Les politiques d'innovation ont des effets transfrontières qui ne cesseront de s'intensifier à l'ère numérique. Les politiques publiques devraient être conçues de manière à réduire au minimum les effets négatifs sans limiter les potentielles retombées positives.

1. Introduction

La présente section porte sur les politiques en matière d'innovation, sur les raisons qui les justifient d'un point de vue économique et sur la manière dont elles affectent l'innovation. Dans la section B du présent rapport, il est affirmé que dans de nombreux pays, la refonte des politiques publiques depuis la crise financière mondiale s'est caractérisée par une attention accrue portée à l'innovation pour accélérer la transition vers l'ère numérique. Comme le dit Curtis (2016),

« le débat et les propositions actuels concernant les formes actualisées de politique industrielle portent moins sur l'interventionnisme sur le marché que sur l'innovation technologique, les écarts de productivité, la R-D, l'entrepreneuriat, la spécialisation verticale et les économies d'agglomération ».

La définition générale des « politiques en matière d'innovation » figurant dans la section B est également utilisée dans la présente section. Elle associe le point de vue d'Edler *et al.* (2016), qui définissent les politiques d'innovation comme étant « une intervention des pouvoirs publics visant à soutenir la création et la diffusion de l'innovation », et celui de la Banque mondiale (2010), selon lequel il s'agit d'un « ensemble de mesures prises dans plusieurs domaines [...] qui constituent un cadre permettant non seulement l'innovation proprement dite, mais aussi sa commercialisation et la diffusion des connaissances sous-jacentes ». Dans la mesure du possible, l'accent sera mis sur l'innovation numérique qui, d'après la section B s'entend, au sens étroit, de la mise en œuvre d'un produit numérique nouveau ou sensiblement amélioré, et désigne, dans un sens plus large, l'utilisation de technologies numériques pour créer ou améliorer un produit, un procédé ou une méthode de commercialisation ou d'organisation (Nepelski, 2019).

Pour que l'innovation ait lieu, de nouvelles connaissances doivent être créées grâce à l'investissement dans la recherche. Une fois créées, elles sont diffusées par le système éducatif ou les publications, les brevets et l'échange d'idées. Une nouvelle connaissance présente les caractéristiques d'un bien public : sa consommation ne donne lieu ni à la concurrence, ni à l'exclusion. Par conséquent, une nouvelle connaissance est, en principe, accessible à tous.

Toutefois, cela n'est pas nécessairement le cas de toutes les nouvelles connaissances. Les brevets, par exemple, rendent la connaissance exclusive (bien que sans concurrence). En outre, toutes les connaissances

ne peuvent pas être codifiées. La connaissance comprend une composante tacite non négligeable, qu'il n'est pas facile d'acquérir, mais qui est souvent indispensable pour la transformer en nouvelle technologie de production ou en innovation ultérieure.

Quand des entreprises ou des pouvoirs publics peuvent utiliser des idées existantes (ou des inventions comprenant ces idées) pour changer un processus de production ou des habitudes de consommation, ainsi que pour améliorer les technologies, alors un impact sur la croissance économique d'un pays peut être escompté grâce aux progrès technologiques. Cet impact dépend de la rapidité et de l'étendue de l'acquisition, de l'apprentissage, de l'adaptation et de la diffusion de la nouvelle technologie. Il se peut que les entreprises ne connaissent pas toutes les options technologiques disponibles sur le marché, qu'elles ne soient pas en mesure d'identifier la technologie qui répond le mieux à leurs besoins ou qu'elles estiment qu'il est trop onéreux d'adapter des technologies étrangères à leur processus de production. Le manque de compétences ou des techniques de gestion incompatibles sont aussi des obstacles à la diffusion de la technologie et à la modernisation technologique. Au niveau national, la diffusion de la technologie est facilitée par un environnement institutionnel adéquat, par une ouverture et par l'investissement dans l'éducation et la recherche.

Pour approfondir ces idées de manière structurée, la présente section propose une taxonomie des raisons économiques (abordées dans la section C.2) et des effets (abordés dans les sections C.3 et C.4) des politiques d'innovation, l'accent étant mis sur l'innovation numérique. Cette taxonomie est exposée dans le tableau C.1.

(a) Types de défaillances du marché dans les activités innovantes qui justifient l'intervention des pouvoirs publics

Notre analyse a pour point de départ la question de savoir, dans un premier temps, pourquoi une politique d'innovation est nécessaire. Malgré le rôle important des organismes publics comme les instituts de recherche et les universités, l'innovation a principalement lieu dans des entreprises, qui investissent dans la recherche-développement (R-D) et engendrent de nouvelles idées ou adoptent des technologies développées à l'étranger. Il y a toutefois plusieurs raisons pour lesquelles il peut être nécessaire que les pouvoirs publics interviennent pour encourager l'innovation. Selon des économistes, des politiques d'innovation sont nécessaires en raison des défaillances du marché qui caractérisent

Tableau C.1 : Taxonomie des raisons économiques et des effets de la politique d'innovation

1. Types de défaillances du marché dans les activités innovantes qui justifient l'intervention des pouvoirs publics	Exemples dans l'ère numérique
Caractère de biens publics des technologies	Appropriation imparfaite des bénéfices de l'innovation numérique. Caractère de biens publics des données.
Retombées sur l'ensemble de l'économie des technologies polyvalentes	Externalités créées par les nouvelles technologies numériques dans les industries connectées par des liens amont-aval.
Frictions financières	L'accès au financement extérieur pour les jeunes entreprises tend à être excessivement onéreux, même si les frictions financières sont probablement moins importantes dans l'économie numérique que dans l'économie traditionnelle.
Défaillances de coordination	Les secteurs des produits et services numériques sont complexes et les processus d'innovation requièrent davantage de collaboration que par le passé, ce qui demande la multiplication des partenariats entre les industries traditionnelles, les technologies numériques ou d'autres prestataires de services et instituts de recherche.
Externalités de réseau, verrouillage technologique et dynamique « le gagnant rafle tout »	Certains produits numériques gagnent en valeur lorsqu'ils sont utilisés par plusieurs utilisateurs et le marché ne parvient pas à assurer une taille de réseau efficace. L'association des données massives et de l'apprentissage automatique génère de vastes rentes, renforce la domination exercée par les chefs de file et décourage l'entrée de nouveaux acteurs sur les marchés.
2. Types de politiques influant sur l'innovation en fonction des facteurs qu'elles ciblent	
Politiques affectant la taille du marché	Un accès accru aux marchés étrangers peut inciter les entreprises à accroître leurs dépenses consacrées aux ordinateurs et aux logiciels.
Politiques affectant les incitations à l'investissement dans la R-D	Une plus grande offre d'immigrants hautement qualifiés accroît les résultats en matière d'innovation (les brevets) dans les secteurs des TIC.
Politiques affectant l'appropriation des résultats de la recherche	La protection de la propriété intellectuelle visant à ce que les logiciels libres restent non exclusifs permet à des contributions libres d'excellente qualité d'être largement adoptées en peu de temps.
Politiques affectant la structure des marchés de produits	Les services filaires sont souvent plus rapides dans les marchés où interviennent plusieurs fournisseurs d'accès à Internet que dans ceux comptant un seul fournisseur.
3. Retombées transfrontières des politiques d'innovation	
Retombées en termes de connaissances et diffusion de la technologie	Les innovations numériques dans un pays peuvent bénéficier aux activités d'innovation de tous les autres pays puisqu'elles accroissent la somme mondiale de connaissances.
Politique stratégique des pouvoirs publics	Dans les marchés numériques imparfaitement concurrentiels, les politiques peuvent donner lieu au transfert des rentes ou des bénéfices d'un producteur dans un pays à un producteur dans un autre pays.
Concurrence pour des ressources rares	Les incitations fiscales visant à encourager des entreprises numériques à installer leur siège sur un territoire ont des effets de type "chacun pour soi".
Effets liés à l'offre et à la demande	Les prescriptions relatives à la teneur en éléments locaux concernant les applications pour smartphones peuvent réduire la demande pour des applications étrangères et avoir des effets préjudiciables sur les producteurs étrangers.
Liens intersectoriels	Dans le monde entier, les industries en aval rendues possibles par les technologies numériques peuvent profiter des gains de productivité dans les industries en amont fournissant par exemple du matériel informatique ou électronique grâce à la politique d'innovation d'un pays.

Source : Auteurs.

les activités innovantes. Comme indiqué dans la première partie du tableau C.1, il y a cinq types de défaillances du marché dans les activités innovantes qui justifient l'intervention des pouvoirs publics.

Premièrement, les résultats de l'innovation présentent les caractéristiques d'un bien public (leur consommation ne donne lieu ni à la concurrence, ni à l'exclusion). Les biens publics sont fournis par le marché dans des quantités trop faibles pour être efficaces, car les rendements privés sont plus faibles que les retombées sociales. Dans cette section, divers aspects découlant de ce constat sont examinés, y compris la question de l'appropriation des bénéfices de l'innovation, le caractère de bien public des données et le caractère de bien public de l'innovation numérique dans le contexte de la crise sanitaire actuelle liée à la COVID-19.

Deuxièmement, certaines technologies donnent lieu à des applications importantes et permettent de nouveaux changements techniques dans tout un éventail de secteurs, si ce n'est dans tous. L'introduction et l'adoption de ces technologies polyvalentes dépendent d'un certain nombre de défaillances du marché : des externalités positives (grâce auxquelles une tierce partie qui n'est pas directement impliquée dans la transaction sur le marché tire profit de la production et de la consommation de technologies) qui donnent lieu à une insuffisance de l'offre; des défaillances de coordination entre les industries ayant une relation amont-aval; et certaines caractéristiques d'un bien public que présentent les technologies polyvalentes. Cette section montre que les technologies numériques sont réellement des technologies polyvalentes et que les défaillances du marché susmentionnées constituent des raisons économiques justifiant l'intervention des pouvoirs publics.

Troisièmement, les activités innovantes sont caractérisées par une asymétrie (autrement dit un manque) d'information entre l'innovateur potentiel et le financeur potentiel. Par conséquent, il se peut qu'un entrepreneur innovant n'ait pas accès aux financements requis (manque de financement). En raison de ces frictions, l'investissement dans la R-D sera insuffisant et il pourra donc être justifié que les pouvoirs publics financent l'innovation. Dans la présente section, il est expliqué que même si ce problème est peut-être moins important que dans l'économie traditionnelle, il existe malgré tout dans l'économie numérique.

Quatrièmement, les activités complexes telles que l'innovation sont exposées aux défaillances de coordination entre les parties prenantes. Il peut ne

pas être possible d'atteindre un meilleur équilibre économique si les parties prenantes ne coordonnent pas leur prise de décisions. Une action des pouvoirs publics en ce sens se justifie par la nécessité de coordonner le travail des différentes parties impliquées dans le processus d'innovation, de manière à garantir que tous les progrès complémentaires nécessaires ont été réalisés et mis à disposition sur le marché. Par exemple, pour soutenir le développement économique de l'économie numérique, il peut être nécessaire que les pouvoirs publics interviennent pour coordonner le cofinancement d'infrastructures de communication.

Cinquièmement, lorsque la valeur d'un réseau augmente avec le nombre d'utilisateurs (« effets de réseau » ou « externalités de réseau » – voir Katz et Shapiro, 1985), les pouvoirs publics pourraient vouloir intervenir en raison de l'écart entre les avantages privés et sociaux de l'adhésion, qui donne lieu à des réseaux trop petits pour être efficaces. L'intervention des pouvoirs publics pourrait en outre être justifiée pour lutter contre les comportements anticoncurrentiels des « gagnants » qui s'emparent de l'ensemble du marché, et contre les inefficacités dynamiques des réseaux dans lesquels, en raison de la normalisation imposée par les pouvoirs publics ou de fait, une seule technologie domine tout le marché.

Ces raisons justifiant l'intervention des pouvoirs publics sont encore plus pertinentes dans les marchés numériques lorsque l'association des données massives et de l'apprentissage automatique renforce la dynamique « le gagnant rafle tout » en générant de vastes rentes, à savoir des rendements dépassant les coûts totaux, y compris le coût d'opportunité (ou bénéfice normal) (McConnel et Brue, 2005). Ces rentes renforcent la domination exercée par les chefs de file et découragent l'entrée de nouveaux acteurs sur les marchés, ce qui entrave l'innovation.

b) Types de politiques influant sur l'innovation en fonction des facteurs qu'elles ciblent

L'existence de défaillances du marché justifie l'intervention des pouvoirs publics. Toutefois, il n'y a aucune garantie qu'une telle intervention permettra d'obtenir de meilleurs résultats car il est difficile de concevoir des politiques d'innovation appropriées (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019). L'efficacité des politiques d'innovation est par conséquent une question empirique, qui est abordée dans la section C.3. Comme indiqué dans la section B, la panoplie des politiques permettant de promouvoir l'innovation est vaste car de nombreux facteurs affectent l'activité

innovante dans l'économie. Dans la partie centrale du tableau C.1, les politiques qui affectent l'innovation sont citées en fonction des facteurs qu'elles ciblent.

Premièrement, toute décision d'investissement dans la R-D prise par une entreprise dépend de la taille du marché : lorsque le marché est grand, les entreprises sont davantage incitées à innover car leurs bénéfices potentiels sont plus importants. Un accès accru aux marchés étrangers et davantage de marchés publics dans les secteurs ou activités innovants peuvent donc contribuer à inciter les entreprises à investir dans la R-D et à innover.

Deuxièmement, une plus grande productivité de la R-D incite également à investir dans ce domaine. Plusieurs politiques abordées dans la présente section sont ainsi susceptibles de stimuler l'innovation par leurs effets sur la productivité de la R-D. Il s'agit notamment : des incitations fiscales et des subventions à la R-D accordées par les pouvoirs publics; des politiques favorisant l'offre de capital humain, national ou étranger, le plus actif dans les activités innovantes, comme les diplômés des disciplines STIM (science, technologie, ingénierie et mathématiques); des politiques favorables au regroupement des activités innovantes et plus largement, de toutes les politiques qui permettent aux inventeurs de tirer profit de la recherche effectuée par les autres grâce aux retombées en termes de connaissances (interactions avec des acheteurs et des vendeurs étrangers, réseaux mondiaux de R-D, voyages d'affaires et flux de données ouverts); et des politiques horizontales qui établissent un environnement propice à l'innovation, comme la mise en place et l'entretien de réseaux à large bande et haut débit.

Troisièmement, l'appropriation des résultats de la recherche est importante : la mesure dans laquelle les entreprises peuvent être récompensées pour les résultats de leurs recherches conditionne leur volonté d'investir dans la R-D. Or cela dépend de deux aspects : la nature de l'innovation (si elle peut être facilement imitée/améliorée par les concurrents ou pas) et le niveau de protection juridique conféré par le système de propriété intellectuelle (PI). Ce dernier aspect est clairement déterminé par des choix politiques.

Quatrièmement, la structure des marchés de produits a son importance. Le degré de concurrence sur ces marchés a des effets sur les avantages potentiels de l'investissement dans la R-D, car il détermine le niveau des bénéfices et la probabilité de dépasser les concurrents. La politique commerciale et la manière dont elle affecte l'accès des entreprises étrangères aux marchés nationaux est un des facteurs

qui façonne l'environnement concurrentiel. Un autre facteur est la réglementation de la concurrence.

Les cinq raisons justifiant une action des pouvoirs publics en matière d'innovation citées dans la première partie du tableau C.1 sont liées aux quatre types de politiques figurant dans la partie centrale du tableau. Le caractère de biens publics des connaissances, le fait que certaines technologies soient polyvalentes, les frictions financières, les défaillances de coordination et les externalités de réseau donnent lieu à une offre d'innovation insuffisante par rapport au niveau optimal pour la société. Les politiques d'innovation qui accroissent la taille du marché, augmentent la productivité de la R-D et favorisent l'appropriation des investissements dans la recherche en comblant ou en réduisant l'écart entre les rendements privés et les retombées sociales, portent l'investissement dans l'innovation à des niveaux dépassant les niveaux trop bas pour être efficaces que proposent les marchés.

En présence d'externalités de réseau, les entreprises qui ont réussi à s'emparer de vastes parts du marché (les « gagnants ») ont intérêt à adopter un comportement anti-concurrentiel afin de conserver leur position dominante.¹ Cela entraîne aussi un risque de verrouillage technologique (voir la section C.2 e)), une dynamique inefficace car des technologies qui sont devenues obsolètes avec le temps pourraient être toujours en place. Les politiques qui garantissent que les marchés sont des espaces de concurrence et qui réglementent l'abus de position dominante remédient à ces problèmes.

(c) Retombées transfrontières des politiques d'innovation

Les politiques d'innovation peuvent avoir, et ont effectivement, une incidence sur d'autres pays. Ces retombées, qui peuvent être positives ou négatives, reposent en partie sur les facteurs susmentionnés qui justifient une politique d'innovation du point de vue économique, allant des retombées en termes de connaissances aux liens intersectoriels, mais elles comprennent aussi d'autres externalités telles que la concurrence pour des ressources rares. La dernière partie du tableau C.1 expose les retombées transfrontières des politiques d'innovation qui sont abordées dans la section C.4.

Premièrement, les retombées en termes de connaissances et la diffusion de la technologie au-delà des frontières signifient que l'innovation dans un pays peut profiter aux activités d'innovation de tous les autres pays puisqu'elles accroissent la somme mondiale de connaissances.

Deuxièmement, dans les marchés imparfaitement concurrentiels, les différents outils politiques peuvent, tout en affectant l'innovation, transférer les rentes d'un producteur dans un pays à un producteur dans un autre pays. La politique d'innovation est alors utilisée comme politique commerciale stratégique.

Troisièmement, une politique d'innovation (sous forme de compétition fiscale) qui attire des facteurs de production peu abondants comme les investisseurs très performants, qui impose des prescriptions en matière de localisation des données, ou qui offre des incitations fiscales pour que les entreprises installent leur siège sur un territoire, risque de nuire aux autres économies en réduisant leur capacité d'investir dans la R-D.

Quatrièmement, les effets liés à l'offre et à la demande peuvent aussi donner lieu à des retombées transfrontières. Si la politique d'innovation dans un grand pays accroît la compétitivité des producteurs nationaux sur les marchés mondiaux, les prix mondiaux pourraient baisser. Cela profite aux consommateurs étrangers tout en nuisant aux producteurs étrangers. Si la politique d'innovation augmente la productivité globale dans un grand pays, la demande d'importation de celui-ci augmente et les prix mondiaux en font de même. Cela profite aux producteurs étrangers tout en nuisant aux consommateurs étrangers.

Cinquièmement, les liens intersectoriels (à savoir, les chaînes de valeur mondiales (CVM)) peuvent intensifier les effets transfrontières des politiques : l'innovation dans des industries en amont (aval) peut profiter ou nuire aux industries étrangères en aval (amont) selon leurs effets sur le prix et la disponibilité des intrants.

Il convient de noter que chaque type de politique d'innovation peut avoir des retombées transfrontières différentes. Lorsque les retombées sont positives mais aussi négatives, par exemple quand une politique augmente la somme de connaissances mais attire des ressources rares, ce qui compte c'est l'effet net de ces retombées.

Ce cas de figure est particulièrement fréquent dans l'ère numérique dans laquelle, comme indiqué dans la section C.4, les retombées transfrontières positives et négatives sont susceptibles d'être intensifiées. Il est donc intrinsèquement difficile de déterminer, a priori, si la politique d'innovation d'un pays profite ou nuit au bien-être des autres pays.

2. Raisons qui justifient une politique d'innovation à l'ère numérique

Nous avons vu à la section B que les politiques gouvernementales avaient changé et qu'elles soutenaient désormais l'économie numérique. Ces politiques prennent des formes diverses, y compris celles d'incitations directes en faveur de la R-D, d'investissements dans les infrastructures pour soutenir la connectivité numérique, et de réglementations sur le partage des données pour assurer l'équilibre entre le besoin de données et la protection de la vie privée.

La section C.2 porte sur les raisons qui justifient les politiques d'innovation, soulignant ce qui est nouveau dans l'ère numérique. Ce faisant, elle renvoie à un concept général qui inclut non seulement les politiques qui soutiennent l'innovation, mais aussi celles qui encouragent sa diffusion.

Reconnaissant le rôle fondamental que les entreprises jouent dans l'innovation, les économistes recensent cependant plusieurs raisons pour lesquelles il peut être nécessaire que les pouvoirs publics interviennent dans ce domaine. Les entreprises investissent dans la R-D et engendrent de nouvelles idées ou adoptent des technologies développées à l'étranger. Les entreprises actives dans le domaine de la technologie numérique sont parmi celles qui ont investi le plus dans la R-D en 2017 (Hernández *et al.*, 2019), ce qui confirme que la recherche est un facteur quand il s'agit d'être et de rester innovant. Toutefois, dans certaines circonstances, il se peut que les investissements dans l'innovation laissent à désirer s'ils sont livrés aux seules forces du marché.

Selon des économistes, les politiques d'innovation sont nécessaires en raison des défaillances du marché. Celles-ci peuvent être dues à des externalités, à une asymétrie d'information ou à des défaillances de coordination.

Il arrive que les marchés ne soient pas à la hauteur et génèrent trop peu d'innovation parce que les nouvelles idées, les nouveaux produits ou les nouvelles technologies dans un secteur particulier sont utilisés soit par des entreprises de ce secteur pour créer d'autres idées soit par des entreprises d'autres secteurs (externalités). Or, dans ces cas, l'innovateur ne décide pas d'investir dans la recherche au profit de l'ensemble de l'économie : sans l'intervention des pouvoirs publics, il pourrait donc investir trop peu par rapport au niveau d'investissement optimal pour la société (à savoir, le niveau d'investissement qui serait effectué si les bénéfices pour l'ensemble de l'économie étaient pris en compte).

Il arrive aussi que les innovateurs investissent trop peu parce qu'ils ne parviennent pas à lever les fonds adéquats auprès des institutions financières (en raison de frictions financières et d'asymétries d'information) ou parce qu'ils ont besoin d'autres technologies ou infrastructures pour que leur investissement génère des rendements adéquats (défaillances de coordination).

Enfin, il arrive que les pouvoirs publics doivent intervenir pour empêcher les innovateurs d'acquérir un pouvoir excessif et de créer des obstacles à l'entrée de nouvelles entreprises sur le marché (externalités de réseau et dynamique « le gagnant rafle tout »). La section C.2 aborde chacune des raisons qui justifient l'intervention des pouvoirs publics à la lumière des caractéristiques des technologies numériques.

Il convient notamment de retenir de la section C.2 que certaines considérations qui justifient l'adoption de politiques d'innovation sont particulièrement pertinentes dans le domaine numérique, et ce pour les raisons suivantes :

- les données massives, un intrant clé de l'innovation dans les technologies numériques, présentent les caractéristiques d'un bien public;
- les technologies numériques sont des technologies polyvalentes et elles génèrent de vastes bénéfices dans l'ensemble de l'économie;
- les produits numériques sont complexes et pâtissent de défaillances de coordination;
- les effets de réseau pourraient donner lieu à des comportements anticoncurrentiels et décourager l'innovation;
- les effets de réseau pourraient nécessiter que des normes soient établies afin que le marché ait une taille suffisante pour le déploiement de l'innovation;
- les vastes rentes (recettes) pourraient constituer une incitation à la concurrence stratégique entre les pays; et
- l'adoption de technologies numériques pourrait permettre d'atteindre des objectifs de politique publique.

À la lumière de ce qui précède, les politiques relatives à l'innovation numérique sont susceptibles de prendre différentes formes comme des subventions à la R-D, une politique de la concurrence, une réglementation de la propriété intellectuelle, des politiques relatives aux données et l'établissement de normes.

(a) Caractère de bien public de la création et de l'utilisation des technologies numériques

(i) *La question de l'appropriation des bénéfices de l'innovation numérique*

Une raison souvent donnée pour justifier les subventions publiques accordées à la R-D des entreprises, ou le renforcement des régimes de protection des droits de propriété intellectuelle (DPI) afin de protéger les bénéfices provenant de l'innovation, est que l'innovation engendre des connaissances. Or les connaissances ont un caractère de bien public, puisqu'elles ne donnent lieu ni à la concurrence, ni à l'exclusion : lorsqu'une découverte scientifique est publiée, tout le monde peut accéder à l'information et, à terme, l'utiliser pour créer de nouvelles connaissances. Cela crée un écart entre les rendements privés et les retombées sociales de l'innovation, qui sont plus importantes car de meilleures connaissances renforcent la croissance économique à long terme.

Par conséquent, il y a trop peu d'investissement dans la R-D par rapport au niveau optimal du point de vue social. Certains économistes estiment que les retombées sociales de la R-D oscillent entre 30% et 50%, contre une fourchette comprise entre 7% et 15% pour les rendements privés (Hall *et al.* 2010). Si l'on s'en remet uniquement au marché, l'offre de biens publics par les acteurs privés n'est pas suffisante : l'intervention publique est donc économiquement justifiée.

Les connaissances créées par l'innovation numérique ne sont pas différentes des connaissances créées dans l'économie traditionnelle quand un produit ou un processus nouveau émerge. Ainsi, lorsqu'une demande de brevet pour un nouveau dispositif d'intelligence artificielle est déposée, les connaissances y figurant sont codifiées, demeurent publiques et peuvent être utilisées comme intrant pour d'autres innovations. La diffusion des connaissances est essentielle pour encourager la croissance, mais elle réduit les rendements privés des investissements dans la R-D. Ce problème que rencontrent les innovateurs est similaire à celui des entreprises pionnières dans les pays en développement qui adaptent une innovation numérique étrangère au marché local (voir l'encadré C.1).

Cependant, comme dans l'économie traditionnelle, toutes les connaissances générées dans l'économie numérique ne sont pas codifiées. Elles comprennent une composante tacite non négligeable (autrement dit, des connaissances qui ne peuvent pas être codifiées dans un brevet), qu'il n'est pas facile d'acquérir. Après l'innovation initiale, se déroule un processus d'amélioration de l'idée d'origine qui prend forme

Encadré C.1 : La découverte par soi-même et les entrepreneurs pionniers dans les pays en développement

Même si la diffusion des connaissances associées à une innovation est essentielle pour soutenir la croissance économique, elle réduit les retours pour les innovateurs initiaux. Les entrepreneurs pionniers rencontrent un problème similaire dans les pays en développement quand ils découvrent qu'une technologie étrangère existante peut être profitable dans leur pays. De vastes bénéfices sociaux sont associés à la "découverte par soi-même", autrement dit, le processus par lequel une économie peu développée initialement spécialisée dans des activités traditionnelles découvre, grâce à l'adaptation d'une technologie étrangère à la production locale, un ensemble d'activités modernes dans lesquelles elle a un avantage comparatif (Hausmann et Rodrik, 2003). Cela est dû au fait que les connaissances acquises par l'entrepreneur pionnier peuvent orienter les investissements des autres entrepreneurs – en somme, les autres entrepreneurs peuvent rapidement reprendre à leur compte la découverte.

Cependant, l'entrepreneur initial ne peut saisir qu'une petite partie de la valeur sociale que ces connaissances génèrent. Adapter des technologies nouvelles aux conditions locales, en particulier dans les pays en développement, coûte cher. Comme c'est le cas pour toute nouvelle invention, le premier entrepreneur qui adapte une technologie nouvelle aux conditions locales pourrait ne pas être en mesure de capter tous les bénéfices si la technologie est reprise par ses concurrents. Dans l'économie, il n'y aura donc pas assez de découvertes par soi-même et par conséquent pas assez de diversification vers des activités modernes. Toutefois, les politiques qui réduisent l'écart entre les bénéfices privés et sociaux de la découverte par soi-même permettent d'accroître ce type de diversification et de renforcer le bien-être national.

Dans leur examen du transfert de technologie, Evenson et Westphal (1995, p.2261) décrivent le cas de la technologie utilisée pour le battage du riz :

"[...] ce qui a été déterminant pour permettre aux producteurs philippins de riz de tirer profit de la technologie développée au Japon pour le battage du riz, c'est l'adaptation d'un prototype de batteuse de l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI). En utilisant ce prototype, les inventeurs locaux ont réalisé les adaptations spécifiques nécessaires pour permettre l'utilisation économique des batteuses dans les nombreuses circonstances différentes dans lesquelles elles sont désormais utilisées aux Philippines".

Hausmann et Rodrik (2003) affirment que l'élément clé de ce succès était le fait que l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI) est un organisme public à but non lucratif. En tant que producteur privé, il n'aurait pas été en mesure de s'approprier une grande partie des retombées sociales en raison de l'apparition rapide d'imitateurs.

Il est difficile de dire dans quelle mesure cet argument s'applique aux technologies numériques. Lorsqu'une technologie numérique étrangère (une application utilisée pour le partage de voitures, par exemple) est adaptée aux conditions locales par un entrepreneur pionnier qui découvre qu'il y a un marché pour cette idée dans l'économie nationale, l'idée peut facilement être reprise. Le fait que le pionnier ne peut pas pleinement s'approprier les bénéfices de l'innovation risque de dissuader les entreprises d'investir, ralentissant ainsi le processus de modernisation. Comme l'affirment Hausmann et Rodrik (2003), la difficulté politique réside dans le fait que si, en général, les pouvoirs publics disposent de cadres juridiques pour protéger les droits des innovateurs, il n'existe pas de régime similaire pour ceux qui découvrent par eux-mêmes. Cependant, comme indiqué pour les sources en accès libre et la musique en flux continu, des solutions ont été mises au point dans les marchés numériques.

grâce à l'interaction entre les entreprises innovantes, les consommateurs et les fournisseurs. Cela est essentiel afin de passer de l'idée nouvelle au savoir-faire qui entoure la conception d'un nouveau produit ou la mise en œuvre d'une nouvelle innovation de procédé. Cela requiert des capacités qu'il n'est pas facile de s'approprier (Dodgson, 2017). Les différences intergénérationnelles dans la capacité d'utiliser les nouvelles technologies montrent qu'il n'est pas nécessairement facile d'acquérir des aptitudes

dans le contexte des technologies numériques. Les connaissances tacites sont donc une manière pour l'innovateur de conserver certains retours sur l'innovation. Toutefois, cela ne résout normalement pas le problème de l'offre d'innovation insuffisante.

Dans certains cas, les marchés semblent avoir trouvé des solutions au problème de l'appropriation des bénéfices de l'innovation numérique. Par exemple, la diffusion de musique en continu, comme tout bien

public, ne donne pas lieu à la concurrence (étant donné qu'une personne qui écoute de la musique n'empêche pas une autre d'écouter cette même musique) ni à l'exclusion (puisque une fois qu'un certain morceau de musique est mis en ligne, il est difficile d'empêcher quelqu'un de l'écouter). L'incapacité des innovateurs de s'attribuer les revenus générés par la nouvelle création musicale impliquerait en toute logique que le service est insuffisant (trop peu de nouvelles chansons peuvent être écoutées en flux continu) et qu'une intervention des pouvoirs publics est nécessaire. Toutefois, l'industrie a trouvé des solutions : elle collecte des recettes en vendant de la publicité (qui est une manière indirecte de faire payer les auditeurs en leur prenant un peu de leur temps) ou en proposant une inscription payante pour écouter de la musique en continu sans publicité (dans ce cas, la technologie, par l'intermédiaire des outils de gestion des droits numériques a contribué à rendre le produit exclusif).

Le développement d'intrants économiques en accès libre, parmi lesquels les logiciels arrivent en tête, est un autre cas de figure dans lequel un type d'innovation numérique, bien qu'étant un bien public, a évolué sans intervention gouvernementale. L'environnement des réseaux dans lequel les développeurs de logiciels en accès libre opèrent permet d'organiser la production d'une manière décentralisée entre des individus qui coopèrent et partagent les ressources et les résultats, sans travailler pour le même organisme. Au niveau individuel, le développement de logiciels en libre accès peut être guidé par des raisons altruistes ou être lié à des loisirs (certaines personnes contribuent à des projets en accès libre juste pour le plaisir). Toutefois, il peut aussi y avoir des facteurs économiques comme l'amélioration de la réputation d'une personne afin qu'elle puisse prétendre à un meilleur emploi ou à des fonds. Une entreprise peut aussi vouloir développer un logiciel en accès libre afin d'attirer des ressources humaines talentueuses.

(ii) *Le caractère de bien public des données*

En ce qui concerne les technologies numériques, le manque d'efficacité découlant du caractère de bien public des données (intrant fondamental dans l'innovation numérique) peut se traduire par une collecte, un traitement et un partage insuffisants des données. Prenons le cas d'une entreprise privée qui développe un algorithme pour faciliter le diagnostic de la COVID-19 : l'algorithme peut être entraîné en utilisant les renseignements relatifs à des patients qui présentent des symptômes de la COVID-19 et en les comparant avec les rapports de pathologie et les résultats de patients chez qui cette maladie a été diagnostiquée. L'entreprise achète les renseignements collectés par les hôpitaux concernant

tous les patients et les utilise en exclusivité dans son réseau pour entraîner l'algorithme. L'hôpital collecte les données, paye l'entreprise de logiciels et fournit un meilleur service à ses patients. Toutefois, ce service est clairement inférieur à celui qui serait offert si plusieurs entreprises dans le monde entier se faisaient concurrence pour développer des algorithmes afin d'analyser l'information en libre accès concernant tous les patients du pays ou du monde. Un logiciel bénéficiant d'échantillons plus larges aiderait les médecins du monde entier à mieux soigner les patients et à sauver des vies.

La crise actuelle liée à la COVID-19 a mis en lumière l'importance de la rapidité et de l'ouverture en ce qui concerne les données et les résultats de la recherche. Une des principales leçons tirées de la crise est que le partage des données aide à faire avancer la science. Le problème réside dans le fait que quand des données sont publiques, les gains découlant pour une entreprise du développement d'un algorithme pourraient ne pas être suffisants pour motiver une utilisation généralisée qui serait bénéfique à la société, car d'autres entreprises pourraient fournir le même logiciel à un prix moins élevé. Il serait donc moins intéressant de recueillir et de traiter des données. La question de la propriété des données est fondamentale à cet égard. Dans une étude récente, Jones et Tonetti (2019) affirment que la possession des données par les consommateurs peut régler ce problème. De nombreux gouvernements ont élaboré des stratégies en matière de données afin de mettre en place un cadre législatif propice pour la gouvernance des données, de mettre à disposition de tous les acteurs du marché les données du secteur public et de fournir des incitations en faveur de la collecte, du traitement et du partage des données entre les secteurs.

Les politiques de ce type doivent toutefois aussi tenir compte des risques associés au partage des données. Ces risques comprennent l'intrusion dans la vie privée ou l'utilisation des technologies à des fins criminelles. Plusieurs gouvernements récemment accusés de manque de transparence dans la prise de décisions, et de discrimination fondée sur le genre ou sur d'autres motifs, ont publié des réglementations pour remédier aux problèmes relatifs à la sécurité et au respect de la vie privée. L'Union européenne, par exemple, a promulgué en 2018 le Règlement général sur la protection des données (RGPD) pour encadrer la protection des données et de la vie privée. L'État de Californie aux États-Unis a récemment adopté la Loi sur le respect de la vie privée des consommateurs (CCPA) qui vise à renforcer le respect de la vie privée et la protection des consommateurs.

(iii) Les avantages sociaux de l'utilisation des innovations numériques pour les politiques d'innovation dans le contexte de la COVID-19

Il y a également des raisons autres qu'économiques qui justifient l'adoption de politiques d'innovation. Les gouvernements peuvent investir dans de nouvelles technologies au profit de la société, par exemple pour réduire la pauvreté et les inégalités, améliorer la santé publique, réduire les dommages causés à l'environnement ou répondre à des considérations liées à la sécurité. Dans de tels cas, les acteurs privés n'investissent pas suffisamment dans l'innovation numérique, non pas parce que l'innovation en elle-même a un caractère de bien public (voir la section C.2 a)), mais parce que l'innovation numérique est un élément décisif dans la fourniture d'un bien public ou la réalisation d'un objectif non économique par les pouvoirs publics. L'utilisation de l'innovation numérique dans le secteur de la santé pendant la pandémie de COVID-19 en est un bon exemple.

La crise liée à la COVID-19 a mis en lumière le rôle des technologies numériques s'agissant d'une part de renforcer la résilience et d'autre part de contrôler la propagation du virus. Tout un ensemble d'innovations numériques ont été mises au point pour faire face aux difficultés posées par la pandémie, allant des drones utilisés pour diffuser des messages de santé publique aux questionnaires d'auto-évaluation sur les symptômes en passant par les applications de traçage. Les entreprises et les établissements scolaires ont eu davantage recours aux technologies numériques compte tenu des mesures de distanciation sociale imposées par les gouvernements pour limiter la propagation du virus. Employés et étudiants se sont adaptés au télétravail et à l'enseignement en ligne, afin de maintenir les activités de production et d'apprentissage pendant le confinement. Le télétravail a permis aux entreprises de continuer à produire et à alimenter les chaînes d'approvisionnement, avec des résultats positifs substantiels pour l'économie : le ralentissement économique sera probablement plus important dans les secteurs qui n'offrent pas la possibilité de travailler à distance.

Les gouvernements ont pris des mesures d'encouragement de l'investissement dans les nouvelles technologies pour permettre le télétravail et l'enseignement en ligne, avec comme double objectif de réduire au minimum les effets négatifs de la distanciation sociale et d'enrayer la propagation de la COVID-19 (OMC, 2020c). Ces mesures répondaient à la nécessité de faire face à un choc inattendu et

sans précédent auquel l'économie mondiale n'était pas préparée.

La pandémie met en lumière à la fois l'énorme potentiel des innovations numériques et les obstacles existants concernant l'accès aux nouvelles technologies et leur adoption. Lorsque les pays ont adopté des mesures de confinement pour limiter la propagation de la COVID-19, l'accès à un ordinateur et les compétences numériques des individus, ainsi que la fiabilité de leur approvisionnement électrique et de leurs services d'accès à Internet, ont déterminé leur capacité de travailler à distance, de suivre des cours en ligne, et même de commander des fournitures médicales et des produits de base (voir l'encadré C.2). Dans certains pays, des droits de douane allant jusqu'à 35% sur les ordinateurs et à 40% sur les appareils de télécommunication sont venus s'ajouter aux difficultés rencontrées par certaines personnes pour accéder facilement aux technologies numériques (OMC, 2020c).

La pandémie a encouragé l'adoption de nouvelles pratiques. La technologie permettant les interactions et les collaborations à grande distance existait déjà, mais son utilisation n'était pas assez largement répandue. Les collaborateurs continuaient de prendre l'avion pour assister physiquement à des conférences, à des réunions de conseils d'administration et à des comités d'audit. La crise actuelle offre la possibilité d'observer les effets bénéfiques du télétravail et de l'enseignement à distance sur le niveau de pollution dans les villes et les embouteillages.

Les habitudes prises dans ce contexte seront-elles conservées à l'avenir ? Les nouvelles technologies seront-elles davantage utilisées, leur utilisation massive pendant la crise ayant montré ce qu'elles pouvaient apporter pour soutenir l'approvisionnement en biens publics, comme une meilleure santé grâce à des taux de pollution urbaine plus faibles ? La théorie économique suggère que, dans tous ces domaines, les agents privés continueront d'investir trop peu dans les technologies numériques, car leurs décisions d'investissement ne tiennent pas compte de l'impact sur les biens publics. En d'autres termes, il est probable que les agents privés n'investissent pas assez dans les technologies numériques pour le télétravail (même s'ils se rendent compte désormais que ces technologies pourraient accroître la résilience en cas de choc tel que la crise liée à la COVID-19) parce que leurs décisions d'investissement ne tiennent pas compte des effets bénéfiques du télétravail sur leur entreprise et sur la circulation dans les villes, pas plus que des implications pour la propagation d'une maladie.

Encadré C.2 : Problèmes liés à l'inclusion dans le contexte de la pandémie de COVID-19

Il est attendu que l'impact de la pandémie touche de manière particulièrement forte les pays les moins avancés (PMA), les micro, petites et moyennes entreprises (MPME) et les femmes. Cela résulte de facteurs comme la spécialisation sectorielle, les caractéristiques professionnelles et les ressources financières, ainsi que de l'accès inadéquat à l'infrastructure numérique et de compétences insuffisantes en informatique.

La pandémie de COVID-19 touchera fortement les PMA. En effet, la baisse des recettes du tourisme et des envois de fonds des travailleurs migrants qui rentrent au pays en raison de la pandémie a sérieusement tari des sources de recettes essentielles pour de nombreux pays (OMC, 2020a).

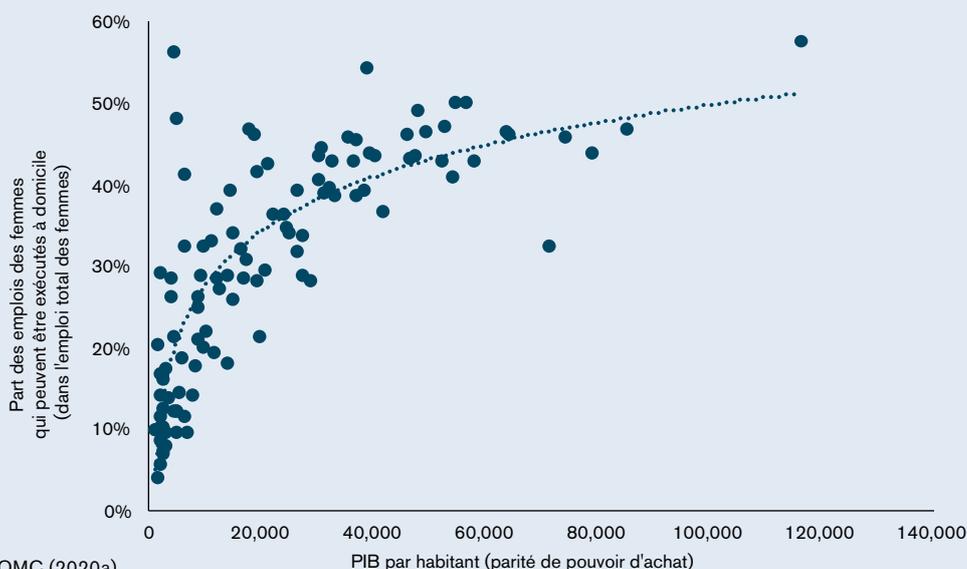
Les données préliminaires laissent également penser que l'impact de la crise sera fortement ressenti par les MPME. Aux États-Unis, les entreprises de moins de 50 personnes ont licencié plus de 25% de leur personnel pendant le confinement, contre 15% à 20% pour les entreprises de plus de 100 personnes (Cajner *et al.*, 2020). En général, les MPME sont surreprésentées dans les secteurs qui ont été frappés de plein fouet, comme l'hébergement, la restauration et le commerce de gros et de détail (OCDE, 2020b) et, en raison de leurs contraintes financières, elles sont davantage vulnérables face aux mesures de confinement (OMC, 2020b).

La récession liée à la COVID-19 devrait aussi toucher plus fortement les travailleuses et les entrepreneuses : les secteurs dans lesquels elles exercent leur activité économique font partie des plus durement touchés par les mesures de confinement et de distanciation (par exemple, les textiles, les vêtements, les chaussures, le tourisme et les services relatifs aux voyages d'affaire), et les entreprises qu'elles détiennent ou dirigent sont souvent de petite taille. En outre, bien souvent, les tâches ménagères et la garde des enfants incombent de manière disproportionnée aux femmes, ce qui, dans de nombreux pays, a été exacerbé par la fermeture des établissements scolaires (Alon *et al.*, 2020).

Les outils numériques permettent d'exercer certains métiers à distance, réduisant donc au minimum les risques sanitaires. Cependant, ces métiers relèvent en règle générale des emplois de services bien rémunérés, qui existent en plus grand nombre dans les pays développés que dans les pays en développement ou les PMA (Dingel et Neiman, 2020). Autrement dit, la distanciation sociale coûte bien plus aux pays en développement car une plus grande partie de leurs emplois ne peuvent pas être exécutés à distance.

De la même manière, un grand nombre de femmes travaillent dans des domaines qui requièrent des interactions directes, comme la santé et la vente de détail, ce qui les empêche de télétravailler, en particulier dans les pays à faible revenu (voir la figure C.1). Il s'agit là d'une des raisons pour lesquelles la pandémie de COVID-19 devrait toucher les femmes de manière particulièrement forte (OMC, 2020a) – un problème auquel les responsables politiques devraient prêter attention (Bahri, 2020).

Figure C.1 : La part des emplois des femmes qui peuvent être exécutés à distance augmente avec le niveau de revenu



Source : OMC (2020a).

Encadré C.2 : Problèmes liés à l'inclusion dans le contexte de la pandémie de COVID-19 (suite)

Par conséquent, la fracture numérique touche les économies, les genres et les entreprises de tailles différentes. Un accès limité aux technologies numériques et moins de compétences informatiques réduisent encore les possibilités de télétravail et de commerce en ligne pour les PMA et les MPME ainsi que pour les femmes, les rendant particulièrement vulnérables dans le cadre de la crise actuelle. Dans les faits, l'adoption des technologies numériques concerne essentiellement les entreprises très productives qui peuvent compléter ces technologies par de bonnes compétences informatiques et de gestion. Les écarts dans les taux d'adoption entre les entreprises plus ou moins efficaces sont particulièrement marqués dans les secteurs manufacturiers (Andrews, Criscuolo et Gal, 2016; Bajgar *et al.*, 2019).

(b) Retombées sur l'ensemble de l'économie des technologies polyvalentes

Traditionnellement, lorsque les économistes justifient l'intervention des pouvoirs publics pour soutenir certaines branches de production, ils qualifient ces dernières de « spéciales ». Ce qualificatif vient du fait qu'elles génèrent des bénéfices pour différents secteurs dans l'ensemble de l'économie, autrement dit, des externalités positives. Les innovations technologiques issues de certaines branches ont des applications importantes et suscitent de nouveaux changements techniques dans d'autres secteurs économiques.

Dans ces circonstances, les économistes affirment que le fait d'orienter l'économie vers les branches qui génèrent des externalités positives pourrait accroître le bien-être. En effet, les pertes subies en ne tirant pas profit de l'avantage comparatif sont plus que compensées par les gains liés aux externalités générées pour l'ensemble de l'économie (Harrison et Rodríguez-Clare, 2010). C'est là l'une des raisons du soutien offert traditionnellement aux industries telles l'acier ou les produits chimiques, qui fournissent des intrants essentiels à de nombreux autres secteurs.²

(i) Les technologies numériques sont-elles « spéciales » ?

Le développement de l'économie numérique transforme l'économie mondiale. L'augmentation de l'innovation dans des produits et des processus liés aux technologies numériques permet de collecter, traiter, stocker et diffuser des données de manière automatique.

L'économie numérique est essentielle pour la croissance économique mondiale, non pas en raison de sa taille – elle représente seulement entre 6% et 8% de la valeur ajoutée et au plus 4% des emplois (FMI, 2018; Warwick et Nolan, 2014) – mais parce que l'économie mondiale dépend de plus en plus des biens, services et données numériques pour être plus productive.

Les technologies numériques sont une forme de technologie polyvalente (Basu et Fernald, 2008). On peut citer les moteurs à vapeur et l'électricité comme exemples importants de technologies polyvalentes du passé. Ces technologies se caractérisent par une applicabilité très vaste et des retombées substantielles pour le reste de l'économie (Jovanovic et Rousseau, 2005).

Comme d'autres technologies polyvalentes, les nouvelles technologies numériques sont utilisées dans la plupart des secteurs, à savoir l'agriculture, les industries manufacturières et les services. Dans l'agriculture par exemple, les fabricants de machines ont commencé à proposer des services numériques comme des services de données et d'analyse afin d'améliorer les prévisions et de mieux gérer l'investissement agricole; dans l'industrie automobile, les entreprises proposent des services après-vente numériques et des nouveaux modèles de propriété gérés numériquement (partage de voitures). Les petits commerçants investissent dans la collecte de données et dans la réalité augmentée afin de permettre aux consommateurs de voir plus précisément, en utilisant simplement leur téléphone portable, si un meuble, par exemple, pourrait bien s'intégrer dans leur intérieur; les services de transport urbain s'en remettent de plus en plus à des plates-formes et à des fournisseurs de technologie numérique. Les technologies faisant intervenir l'intelligence artificielle (IA) peuvent être appliquées à des secteurs allant de la médecine aux infrastructures (voir les figures B.2 et B.5).

Les technologies polyvalentes ont pour principale caractéristique qu'elles changent le processus de production des secteurs utilisant une invention nouvelle. Par exemple, les chemins de fer ont transformé le commerce de détail en permettant les ventes sur catalogue au niveau national (Chandler, 1977). De la même manière, l'existence d'ordinateurs et de connexions Internet à bas prix a généré de l'innovation complémentaire dans les industries qui utilisent les technologies de l'information et de

la communication (TIC), ne serait-ce que parce celles-ci permettent de redéployer les ressources d'une manière différente.

Ces inventions complémentaires augmentent à leur tour la demande de TIC. Lorsque les industries sont connectées par un lien amont-aval, une coordination est nécessaire. Quand une technologie polyvalente est une infrastructure, comme c'est le cas des routes ou d'Internet, des problèmes d'engorgement peuvent se poser. Les externalités, les défaillances de coordination et le caractère de bien public de l'infrastructure de certaines technologies numériques justifient l'intervention des pouvoirs publics pour des raisons économiques.

(c) Frictions financières dans un monde numérique

Les frictions financières, comme celles générées par une asymétrie d'information sur les conditions du marché, pourraient aussi dissuader certaines entreprises d'investir dans l'innovation. Tous les acteurs d'une économie ne disposent pas des mêmes renseignements concernant les conditions du marché. Il est possible que les financeurs potentiels aient moins de renseignements que les inventeurs, ce qui complique leurs prévisions de retours sur un potentiel investissement dans des activités innovantes. Par conséquent, un entrepreneur innovant pourrait ne pas avoir accès aux sources de financement nécessaires, et subir un déficit de financement. En raison de ces frictions, il arrive que les investissements dans la R-D ne soient pas suffisants.

La finance n'est pas neutre. Premièrement, la finance privée est généralement axée sur la recherche appliquée (autrement dit, la recherche menée pour résoudre un problème spécifique, avec pour objectif commercial l'établissement d'un nouveau produit ou processus) plutôt que sur la recherche fondamentale (à savoir, la recherche menée dans le but de développer une théorie ou un domaine de connaissance). Cela est dû au fait que la recherche scientifique fondamentale est très risquée : elle requiert de grands investissements dont les retours ne sont généralement pas visibles à court terme. La R-D privée, qui vise à maximiser les bénéfices à court terme, porte donc davantage sur des domaines appliqués et néglige la recherche de caractère général. Or les possibilités d'innovation sont le fruit de grandes interactions entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Pour combler cet écart, les pouvoirs publics investissent dans la recherche de plus grande portée, offrant de moindres certitudes en matière de commercialisation. Dans les domaines des biotechnologies et des énergies renouvelables,

par exemple, il a été démontré que les sociétés de capital-risque entrent sur les marchés de nombreuses années après que les pouvoirs publics ont financé les premières étapes présentant des risques plus élevés (Mazzucato et Semieniuk, 2016).

Deuxièmement, la finance défavorise les MPME, en particulier les jeunes entreprises, qui sont généralement confrontées à des coûts excessifs pour des financements extérieurs. Les frictions, y compris une asymétrie d'information, le caractère intangible des actifs et des contrats incomplets, peuvent donner lieu à un financement coûteux et contrarier des possibilités d'investissement profitables au secteur privé (Holmström, 1989; Howell, 2017). Quand il est question d'une nouvelle entreprise, les banques ne disposent pas de suffisamment de renseignements sur la probabilité de remboursement des prêts. Les risques associés au lancement d'un produit innovant sur le marché sont difficiles à identifier et à prévoir dans les conditions d'un contrat. Tout cela génère des coûts plus élevés pour les jeunes entreprises et pourrait réduire leur investissement dans la R-D. Néanmoins, il est évident que les jeunes entreprises jouent un rôle important dans la croissance économique.³ Afin de remédier aux frictions financières et aux préjugés défavorables de la finance privée, les interventions publiques réduisent souvent la charge réglementaire pour les entreprises jeunes et nouvelles et leur facilitent l'accès aux financements (voir la section B.3).

Dans un monde numérique, l'accès aux marchés mondiaux pour les MPME qui vendent des marchandises et des services est moins coûteux. En effet, les MPME numériques ont besoin de compétences, mais l'investissement dans des actifs matériels est moins important. Les problèmes de frictions financières peuvent être moins pertinents que dans l'économie traditionnelle, mais ils ne disparaissent pas pour autant.

(d) Défaillances de coordination des industries complexes

L'environnement dans lequel les entreprises évoluent peut être soit une ressource, soit un obstacle pour la création et la diffusion de l'innovation. Un cycle d'innovation fructueux et son impact sur la performance économique d'un pays dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la demande, l'accès à des connaissances complémentaires et les ressources financières, ainsi que de la manière dont ces facteurs interagissent. L'action des pouvoirs publics à cet égard consiste à assurer une coordination entre les différentes parties associées au processus d'innovation, ainsi qu'à garantir que tous

les progrès complémentaires requis ont été réalisés et sont disponibles sur le marché.

Les industries complexes – à savoir celles qui requièrent davantage de coordination entre les agents économiques (Harrison et Rodriguez-Clare, 2010) – sont plus exposées aux défaillances de coordination. De telles défaillances ont lieu quand un groupe d'entreprises pourrait atteindre un meilleur équilibre économique, mais n'y parvient faute de coordination de la prise de décisions. À titre d'exemple, prenons des agents privés qui veulent développer des hôtels et des restaurants dans une zone en particulier. Ils ont besoin les uns des autres pour que leurs affaires fleurissent, ainsi que d'un bon système de transport pour amener des touristes et assurer l'approvisionnement en provenance de divers endroits. Sans coordination entre tous les acteurs pertinents, un site touristique attractif pourrait ne pas être développé correctement et les infrastructures nécessaires pourraient ne pas être fournies. Afin de lancer le développement économique d'une telle zone et d'encourager les industries touristiques connexes, il peut être nécessaire que les pouvoirs publics interviennent pour coordonner le cofinancement de l'infrastructure requise par les différents groupes d'investisseurs, et apporter leur propre contribution compte tenu du caractère de biens publics des routes et autres investissements liés aux transports.

Les produits et services numériques sont des secteurs complexes et le processus d'innovation fait davantage appel à la collaboration que par le passé (Paunov et Planes-Satorra, 2019). Compte tenu du développement rapide des technologies numériques, la collaboration permet aux entreprises d'avoir accès à un plus vaste vivier de connaissances et de compétences et de remédier aux lacunes. Au-delà des engagements traditionnels, de nouvelles formes de collaboration sont nées pour répondre aux nouveaux besoins de l'ère numérique. Les incubateurs ou accélérateurs (voir la section B pour une explication de ces termes), généralement utilisés par les grandes entreprises pour collaborer avec des jeunes entreprises, sont désormais davantage tournés vers les activités innovantes et technologiques. Le Store No. 8 de Walmart est un exemple d'incubateur de jeunes entreprises qui vise à identifier des innovations numériques pour la vente de détail, comme par exemple la réalité virtuelle et la réalité augmentée ou la livraison de produits par drones.

L'importance croissante de la valeur ajoutée des services et du rôle des technologies numériques invite à accroître les partenariats entre l'industrie traditionnelle, les acteurs du numérique et d'autres fournisseurs de services et instituts de recherche. Dans le secteur automobile, par exemple, les constructeurs collaborent

avec des entreprises de technologie pour améliorer leurs processus de conception et pour développer des voitures autonomes (par exemple, Toyota et Ford collaborent avec Microsoft). Dans le secteur de la vente de détail, les partenariats (par exemple, entre Walmart et Google) visent à créer des magasins connectés ou à développer les achats vocaux. Il y a également de nouvelles formes de collaboration, comme les plates-formes participatives, qui sont utilisées par les entreprises pour rechercher des idées s'éloignant de leurs pratiques habituelles, de façon à accéder à de nombreuses compétences et à réduire le temps nécessaire pour trouver des solutions. En règle générale, les entreprises présentent leurs difficultés en ligne – souvent sur une plate-forme intermédiaire qui organise la compétition – et divers innovateurs font des propositions pour y répondre; la solution retenue est ensuite adoptée par l'entreprise concernée.

Afin de soutenir le développement économique de l'économie numérique, il peut être nécessaire que les pouvoirs publics interviennent pour coordonner le cofinancement des infrastructures de communication compte tenu de leur caractère de bien public.

(e) Externalités de réseau, verrouillage technologique et dynamique
« le gagnant rafle tout »

L'économie évolutive souligne l'importance dans le processus de développement, non seulement de la création, mais aussi du processus de sélection qui mène d'une nouvelle idée à l'élimination des solutions les moins prometteuses (Metcalfe, 1998). Ce processus de sélection, en particulier dans un monde où prévalent les externalités de réseau (autrement dit, quand la valeur d'une nouvelle idée augmente avec le nombre d'utilisateurs additionnels, voir Katz et Shapiro, 1985), permet à une seule solution d'émerger. Cela fait qu'il est difficile de mettre en œuvre des changements quand un certain processus d'évolution a été choisi. Prenons un exemple donné par Edler et Fagerberg (2017) : les voitures électriques et les voitures à essence étaient toutes deux des options viables il y a un siècle et, à cette époque, le processus de sélection a favorisé les voitures à essence et, avec elles, le développement d'une infrastructure soutenant ces véhicules. De nos jours, l'innovation en faveur de solutions plus respectueuses de l'environnement (autrement dit, promouvant le bien-être social) est viable uniquement grâce à l'intervention des pouvoirs publics, y compris l'adoption de réglementations appropriées. On peut dire que la « dépendance au chemin emprunté » (le poids de l'histoire, et la force de l'habitude) rend nécessaire l'intervention des pouvoirs publics dans

ces circonstances. Le problème est typique des secteurs et technologies pour lesquels il y a des externalités de réseau.

Les technologies numériques sont caractérisées par d'importantes externalités de réseau. L'utilité de l'adhésion à un réseau social comme Facebook, par exemple, dépend clairement du nombre d'utilisateurs sur ce réseau. Certains produits numériques ont peu de valeur lorsqu'ils sont consommés de manière isolée mais génèrent de la valeur quand d'autres utilisateurs les consomment aussi. Il peut aussi y avoir des effets indirects qui donnent lieu à des externalités de réseau.

Les produits numériques sont aussi des marchandises ou des services en grande partie complémentaires – à savoir qu'ils ont de la valeur quand ils sont consommés ensemble. Par exemple, lorsqu'un utilisateur achète un téléphone portable avec un système d'exploitation préinstallé, le nombre d'autres consommateurs qui achètent des téléphones portables similaires aura un effet sur l'intéressé parce que le volume et la diversité des applications fournies pour ce système d'exploitation donné dépendent du nombre de téléphones portables similaires vendus. La particularité de tels systèmes réside dans le fait que l'utilité pour les consommateurs ne provient pas seulement de la quantité et de la qualité, mais aussi de la disponibilité et de la diversité des marchandises complémentaires ou du nombre de personnes qui utilisent le même produit ou des produits compatibles. Concrètement, c'est seulement une fois que le nombre d'inscriptions à un réseau atteint une certaine masse critique, et donc lorsque la valeur du réseau augmente, que de nouveaux utilisateurs trouveront un avantage à s'y inscrire.

Le marché en l'espèce ne parvient pas à produire un résultat efficient parce que les bénéfices privés de l'adhésion à un réseau diffèrent des bénéfices sociaux. En effet, les bénéfices sociaux comprennent non seulement les bénéfices privés des nouveaux consommateurs, mais aussi ceux que les consommateurs existants tirent de l'élargissement du réseau. Il est dans l'intérêt du consommateur de choisir le réseau le plus populaire (ou la marchandise la plus populaire en cas de complémentarités). Mais le manque de renseignements, des préférences différentes et les stratégies commerciales des entreprises peuvent donner lieu à l'établissement de prix non optimaux. Par conséquent, la taille d'équilibre du réseau pourrait être inférieure au niveau optimal du point de vue social en raison du problème de coordination découlant du manque de renseignements.

Les pouvoirs publics peuvent intervenir et établir des normes, réglant ainsi le problème de coordination. L'expérience de l'UE et celle des États-Unis dans le

secteur des télécommunications sans fil montrent qu'une norme imposée par les pouvoirs publics peut partiellement résoudre le problème du manque de coordination entre les consommateurs, car elle permet d'atteindre très rapidement la masse critique nécessaire pour le réseau, et les consommateurs bénéficient alors des externalités associées à un plus vaste marché. Lorsque la norme AMPS adoptée par les États-Unis a été employée pour la première génération de téléphones portables, elle est rapidement devenue une norme mondiale de facto. Toutefois, l'adoption de la norme GSM au niveau paneuropéen pour la deuxième génération de téléphones portables (1989) a favorisé la diffusion de cette norme hors d'Europe. C'est pourquoi, aujourd'hui, la norme GSM est la norme mondiale de facto.

Dans les industries de réseau, sans intervention des pouvoirs publics, le marché détermine généralement une norme. D'ordinaire, une seule technologie domine l'ensemble du marché une fois qu'il a atteint une certaine taille. C'est pourquoi, les entreprises qui ont mis au point des technologies différentes vont soit se livrer à une concurrence féroce pour être le « gagnant qui rafle tout », soit collaborer pour inventer une technologie. Ces cas de figure s'accompagnent d'un risque de pratiques anticoncurrentielles et d'inefficacités dynamiques.

Bien qu'essentiel pour permettre la diffusion de la technologie, l'établissement d'une norme peut aussi ralentir l'innovation si la norme se révèle inefficace. Toutefois, ce problème d'inertie existe que la norme soit établie par les pouvoirs publics ou par l'entreprise dominante sur le marché (Katz et Shapiro, 1985). Des technologies dépassées sont parfois conservées en raison du coût de la migration pour les utilisateurs (remplacement du téléphone ou résiliation du contrat, par exemple) et les fournisseurs (remplacement des relais, formation des salariés, renouvellement des contrats, etc.), même quand la norme a été établie par les pouvoirs publics. La bonne gouvernance devrait être l'argument sur lequel fonder une norme prescrite par les pouvoirs publics, à savoir qu'une norme est bonne lorsqu'elle est établie dans l'intérêt public et sans pressions extérieures ou lorsqu'elle a pour objectif d'empêcher les comportements anticoncurrentiels.

Comme indiqué dans la section B, dans le cas des technologies numériques l'association des données massives et de l'apprentissage automatique renforce la dynamique « le gagnant rafle tout ». Cette dynamique crée de vastes rentes, renforce la domination exercée par les chefs de file et décourage l'entrée de nouveaux acteurs sur les marchés, ce qui entrave l'innovation. Étant donné que les technologies

numériques ont un caractère mondial, et en l'absence d'adaptateurs (une interface entre les technologies présentant des spécifications différentes), se pose la question de la nécessité d'une coopération internationale pour établir une norme internationale et/ou pour garantir la concurrence, un sujet qui est développé dans la section D.

Les pouvoirs publics eux-mêmes ont intérêt à intervenir sur les marchés et à capter des recettes (rentes). Soutenir le développement des technologies numériques peut renforcer le bien-être si le marché accroît les rentes.⁴ C'est peut-être une des raisons pour lesquelles la technologie 5G fait l'objet d'un soutien dans plusieurs économies. La concurrence entre les entreprises pour asseoir une position dominante se transforme en concurrence entre les pays quand les externalités de réseau sont mondiales.

La question de la position dominante dans les technologies numériques est particulièrement importante pour les pays en développement (Foster et Azmeh, 2019). La diffusion mondiale d'Internet ne s'est pas accompagnée de la prolifération des fournisseurs, entreprises et plates-formes. Ceux-ci proviennent toujours essentiellement de quelques pays où se concentre l'excellence. La position dominante générée par la dynamique « le gagnant rafle tout » renforce aussi les inégalités géographiques, faisant perdurer ladite dynamique.

La disponibilité des données est un autre point important pour la diffusion géographique de la technologie. Elle est essentielle pour innover dans les modèles d'entreprise et pour optimiser les processus dans les chaînes d'approvisionnement. Les données proviennent des consommateurs, de processus internes aux entreprises, ou d'autres sources comme les fournisseurs ou les prix du marché. Ce grand volume de renseignements permet de réaliser des expériences à grande échelle ou des simulations virtuelles, ce qui facilite l'adaptation ou la création de produits en fonction des préférences et des besoins du marché. Les flux de données permettent le développement de nouveaux modèles d'entreprise, comme par exemple celui d'Airbnb (location en ligne de logements de vacances entre particuliers) et celui d'Uber (mise en relation de chauffeurs et de clients cherchant des services de transport ou de livraison de nourriture). Les renseignements commerciaux disponibles en temps réel sont utilisés pour prendre des décisions et optimiser les activités de la chaîne d'approvisionnement.

Les données sont de plus en plus indispensables pour déterminer la compétitivité d'une entreprise et l'avantage comparatif d'un pays. Elles sont donc

souvent conservées en interne par les entreprises. Cela pose un problème important d'inégalité structurelle au sein des pays et entre les États.

Une des manières d'encourager l'innovation dans un monde numérique consiste à soutenir le partage des connaissances en améliorant l'accès aux données, tout en remédiant aux problèmes liés à la nécessité de respecter la vie privée ainsi qu'aux préoccupations en matière de sécurité. Les technologies numériques permettent un transfert et un partage très rapides des données et des renseignements entre un grand nombre d'acteurs, sans que la distance ne soit un problème; les logiciels en accès libre et les flux de données accroissent les retombées en soutenant la diffusion de nouvelles technologies. Partant, les possibles retombées en termes de connaissances sont susceptibles d'être plus importantes dans le domaine numérique qu'avec les technologies traditionnelles. Toutefois, le fait que les données ne sont pas concurrentes peut poser des problèmes. Les entreprises pourraient choisir de garder les données en interne si elles craignent de ne pas récolter les bénéfices de leurs efforts créatifs.

3. Les facteurs déterminants de l'innovation à l'ère numérique

La présente sous-section examine les facteurs déterminants de l'innovation à l'ère numérique. Comme indiqué à la section B, l'innovation peut prendre diverses formes telles que l'élaboration et la commercialisation de nouveaux produits, l'amélioration de produits existants ou encore l'amélioration du processus de fabrication de produits existants. Les activités d'innovation sont influencées par divers facteurs de l'économie, et les politiques visant à développer l'innovation ciblent typiquement un seul de ces facteurs. Selon la taxonomie présentée dans le tableau C.1, les quatre principaux facteurs sont la taille du marché, la productivité de la R-D, la possibilité d'appropriation des résultats de la recherche et la structure du marché des produits.

La présente sous-section propose une analyse en profondeur des politiques susceptibles d'influencer l'innovation et relevant de ces quatre catégories. En particulier, les politiques influençant la taille des marchés qui sont examinées ici comprennent l'élargissement de l'accès aux marchés étrangers et les marchés publics. Les politiques influençant la productivité de la R-D comprennent : les mesures d'incitation fiscale prévues par les pouvoirs publics et les subventions attribuées à la R-D; les mesures favorisant l'offre du type de capital humain qui participe le plus aux activités d'innovation; les politiques favorisant la concentration des activités

d'innovation, et plus généralement toutes les politiques permettant aux inventeurs de bénéficier des recherches menées par d'autres grâce à la diffusion des connaissances; et les politiques horizontales qui créent un environnement favorable à l'innovation, telles que la mise en place et l'entretien d'un réseau à large bande à haut débit.

La présente sous-section examine également les politiques en matière de propriété intellectuelle, qui ont une influence sur les possibilités d'appropriation des résultats de la recherche, et les politiques ayant des effets sur la structure du marché des produits – en particulier les politiques commerciales et leurs effets sur l'accès des entreprises étrangères aux marchés nationaux, ainsi que les politiques destinées à réglementer la concurrence.

Il convient tout d'abord de noter qu'il n'existe pas une approche uniforme des politiques d'innovation d'un pays à l'autre, ni au sein d'un même pays. Acemoglu, Aghion et Zilibotti (2006) montrent une corrélation positive entre l'intensité de la R-D et la proximité avec la frontière technologique mondiale (c'est-à-dire la proximité entre un pays et le pays le plus avancé dans l'adoption des innovations les plus récentes), ce qui est cohérent avec l'idée selon laquelle la R-D est plus développée dans les secteurs de production ou les pays les plus proches de la frontière technologique mondiale. Ils montrent aussi qu'en ce qui concerne les pays en développement, les obstacles à l'accès aux marchés nuisent davantage à la croissance des pays les plus proches de la frontière technologique mondiale qu'à celle des pays qui en sont plus éloignés. Cela est dû au fait qu'aux premiers stades du développement économique, les pays ont tendance à adopter une stratégie fondée sur l'investissement, afin de développer celui-ci au maximum. Dans cette optique, l'innovation est largement associée à l'adoption de technologies existantes, ce qui n'implique pas nécessairement une sélection rigoureuse d'entrepreneurs de haut vol. À mesure qu'une économie se rapproche de la frontière technologique mondiale, on observe généralement une bascule vers une stratégie fondée sur l'innovation, où celle-ci devient alors plus importante que l'adaptation, et où l'environnement devient plus sélectif pour les entrepreneurs.⁵

Parmi les politiques qui sont plus ou moins adaptées selon le niveau de développement économique des pays, on trouve non seulement les politiques destinées à réglementer la concurrence, comme le remarquent Acemoglu, Aghion et Zilibotti (2006), mais aussi les politiques éducatives : l'investissement dans l'enseignement supérieur est relativement plus efficace (par rapport à l'investissement dans

l'enseignement de base) dans les économies riches que dans les économies pauvres. En outre, dans les économies, les industries et les entreprises éloignées de la frontière technologique, la productivité est plus susceptible d'être stimulée par des améliorations des pratiques de gestion que par l'ensemble de politiques de l'innovation analysées dans la présente sous-section (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019).

Compte tenu de ces réserves, le reste de la présente sous-section examine les preuves empiriques des effets des politiques de l'innovation reposant sur les mécanismes présentés ci-dessus : taille du marché, productivité de la R-D, appropriation possible des résultats de la recherche et mécanismes régissant la structure du marché des produits. La présente sous-section se conclut sur des aperçus des implications plus vastes que les politiques d'innovation peuvent avoir pour l'économie, en particulier leur incidence sur le bien-être économique en situation d'équilibre général et leurs effets sur l'inégalité au sein des économies.

(a) Ouverture et concurrence

L'ouverture d'une économie est déterminée par les politiques en matière de commerce, d'investissement étranger, de migration et de données. Celles-ci ont des effets sur la taille des marchés auxquels les entreprises peuvent accéder et déterminent le degré de concurrence dans l'économie nationale et l'accès des entreprises nationales aux technologies, aux connaissances et au savoir-faire étrangers. Il ressort d'une étude portant sur 27 économies émergentes que tant la concurrence des entreprises étrangères que les liens avec ces entreprises, grâce à l'importation, l'exportation ou l'approvisionnement de multinationales, renforcent l'innovation en matière de produits, l'adoption de nouvelles technologies et l'amélioration de la qualité (Gorodnichenko, Svejnar et Terrell, 2010). Des données empiriques détaillées concernant les différents éléments qui sous-tendent cet effet positif de l'ouverture sur l'innovation sont fournies dans la présente sous-section.

(i) *Un meilleur accès aux marchés étrangers*

Des marchés plus vastes signifient une augmentation de l'échelle de production et des revenus découlant de l'innovation. Cela encourage les entreprises à engager (souvent à fonds perdus) les frais nécessaires pour adopter de nouvelles technologies ou investir dans la R-D. Bustos (2011) montre que l'accès facilité au marché brésilien après la mise en place du MERCOSUR (c'est-à-dire le Marché commun du Sud) a conduit les exportateurs argentins

à dépenser davantage en matériel informatique, en logiciels, en transferts de technologie et en brevets, et à investir davantage dans les activités d'innovation. Des réactions similaires à un accroissement de la demande à l'exportation ont été observées pour des entreprises canadiennes et françaises, respectivement par Lileeva et Treffer (2010) et par Aghion *et al.* (2019b). En se fondant sur les données relatives à l'exportation et aux dépenses de R-D des fabricants de produits électroniques du Taipei chinois, Aw, Roberts et Xu (2011) estiment que faire passer d'environ 10% à 5% le niveau moyen des droits acquittés par les exportateurs augmenterait la proportion d'entreprises qui investissent dans la R-D de 2,5 points de pourcentage au bout de deux ans et de 4,7 points de pourcentage au bout de 15 ans. Il s'agit d'un effet considérable étant donné que seules 18,2% des usines étudiées mènent des activités de R-D.⁶

En outre, les effets d'une expansion du marché peuvent, en se propageant le long de la chaîne d'approvisionnement, avoir des répercussions sur le reste de l'économie. Quand un exportateur augmente sa production, ses fournisseurs aussi peuvent bénéficier de ce changement d'échelle. Linarello (2018) fournit des données indiquant que l'augmentation des débouchés à l'exportation pour les entreprises chiliennes a aussi eu des effets positifs sur la productivité de leurs fournisseurs.

Enfin, les interactions avec les acheteurs étrangers peuvent favoriser la diffusion des connaissances. Atkin, Amit et Osman (2017) ont observé que les producteurs égyptiens de tapis artisanaux qui avaient commencé à exporter en passant par un intermédiaire amélioraient leurs techniques de production et la qualité de leurs tapis. Il ressort de l'étude que non seulement les intermédiaires commerciaux facilitent la mise en contact de fournisseurs avec des acheteurs étrangers, mais qu'ils peuvent aussi aider à diffuser des connaissances relatives aux techniques de production. La possibilité de recevoir des commandes importantes de la part d'un marché qui accordait de la valeur aux produits de haute qualité a constitué la motivation, et l'échange d'informations grâce à l'intermédiaire a permis d'acquérir le savoir-faire nécessaire à la modernisation technologique.

En conclusion, les politiques commerciales qui débouchent sur une réduction des coûts d'exportation augmentent les bénéfices des entreprises, ce qui a pour conséquence d'augmenter les bénéfices escomptés de l'innovation et de stimuler l'adoption de technologies et les activités d'innovation dans les entreprises qui tirent parti de l'amélioration de l'accès aux marchés. L'expansion des activités d'exportation fait aussi augmenter la demande d'intrants et

peut donc inciter les entreprises de la chaîne d'approvisionnement à moderniser leur technologie. Il convient de noter que, pour les petites entreprises et les entreprises de pays en développement, l'interaction avec des acheteurs étrangers facilite les transferts de technologie. Les politiques de promotion de l'exportation peuvent donc améliorer la performance des entreprises, en particulier les petites entreprises (Munch et Schaur, 2018).

(ii) *Importation de biens d'équipement et d'intrants intermédiaires*

Le commerce renforce la diffusion des connaissances grâce aux connaissances incorporées dans les intrants intermédiaires. Des importations meilleur marché renforcent la productivité grâce à l'apprentissage et aux effets de variété et de qualité. Plusieurs études montrent que la productivité totale des facteurs d'une branche de production augmente avec les importations d'intrants intermédiaires à fort contenu technologique.

Les travaux novateurs de Keller (2002) ont montré que la R-D étrangère, incorporée dans les importations d'intrants intermédiaires, contribuait à la productivité à hauteur d'environ 20% de l'effet total des investissements de R-D dans huit pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). En se basant sur des données internationales d'entrées-sorties pour 32 économies développées et émergentes, Nishioka et Ripoll (2012) ont mis en évidence des effets positifs des importations à forte intensité en R-D. Des données fournies par des entreprises indonésiennes suggèrent qu'une baisse de 10 points de pourcentage des droits sur les intrants conduit à un gain de productivité de 12% pour les entreprises qui importent leurs intrants (Amiti et Konings, 2007). Une analyse indienne au niveau des entreprises indique que la libéralisation tarifaire de l'Inde au début des années 1990 a contribué en moyenne à l'introduction de 31% des nouveaux produits mis sur le marché par des entreprises nationales, car elle leur permettait d'avoir accès à une plus grande variété d'intrants (Goldberg *et al.*, 2010). Fieler, Eslava et Xu (2018) complètent ces données par une analyse de la libéralisation tarifaire unilatérale en Colombie.

La libéralisation du commerce des intrants stimule à la fois les importations et l'innovation en faisant baisser les coûts de production. Les entreprises peuvent réduire leurs coûts de production et augmenter leurs bénéfices en s'approvisionnant en intrants sur le marché international. Comme indiqué plus haut, le fait de s'attendre à des bénéfices plus élevés incite davantage à investir dans la R-D; en

conséquence, un accès meilleur marché aux intrants intermédiaires stimule l'innovation (Bøler, Moxnes et Ulltveit-Moe, 2015). Des analyses au niveau des entreprises pour l'Argentine, le Chili, la Hongrie et l'Inde confirment qu'un meilleur accès à des intrants intermédiaires étrangers augmente la productivité des entreprises (Gopinath et Neiman, 2014; Halpern, Koren et Szeidl, 2015; Kasahara et Rodrigue, 2008; Topalova et Khandelwal, 2011). Lane (2019) met en lumière le rôle des importations subventionnées de biens intermédiaires dans l'effet positif de la politique menée par la République de Corée pour promouvoir son industrie chimique lourde. Il montre également que les effets de cette politique publique se sont répercutés le long de la chaîne d'approvisionnement, avec un effet positif sur les entreprises en aval, qui ont vu les prix de leurs intrants baisser et ont augmenté leurs dépenses d'investissement.

(iii) Concurrence à l'importation

Théoriquement, quand il s'agit des effets d'une concurrence accrue sur l'innovation, on se trouve en présence de deux forces opposées. D'un côté, la concurrence fait diminuer les bénéfices des entreprises nationales, et donc leur motivation à investir dans l'innovation et les fonds internes disponibles pour ce faire. C'est le revers de l'argument sur les raisons pour lesquelles le développement des exportations stimule l'innovation. De l'autre côté, les entreprises nationales peuvent échapper à la pression concurrentielle en augmentant leur productivité ou en différenciant leurs produits de ceux de leurs nouveaux concurrents. L'innovation et l'adoption de nouvelles technologies devraient donc s'accroître parmi les entreprises nationales.

Les effets d'une concurrence accrue peuvent aussi dépendre des conditions qui prévalent initialement sur le marché. Utiliser l'innovation pour se démarquer de la concurrence peut être particulièrement pertinent dans des secteurs où les entreprises se situent à des niveaux technologiques similaires. Cependant, dans ceux où une entreprise est en tête sur le plan technologique, suivie par d'autres entreprises moins compétitives, une concurrence accrue pourrait en théorie freiner les activités d'innovation (Aghion *et al.*, 2005).

Les données empiriques montrent que, globalement, la concurrence à l'importation stimule l'innovation (Shu et Steinweider, 2019). En se fondant sur des données provenant de 27 économies de marché émergentes, Gorodnichenko, Svejnar et Terrell (2010) constatent des effets positifs de la concurrence extérieure sur les activités d'innovation des entreprises nationales. Ces effets ne dépendent pas du degré de concurrence sous-jacent dans l'industrie concernée, et ils sont

observés tant dans le secteur manufacturier que dans le secteur des services.⁷ Les données de la Colombie montrent que la libéralisation tarifaire a eu un fort effet positif sur la productivité des entreprises. Cet effet est plus marqué pour les grandes entreprises et pour les entreprises de secteurs où la concurrence est moins sévère (Fernandes, 2007). En outre, la concurrence à l'importation a forcé les entreprises les moins productives à quitter le marché, ce qui a eu un effet positif important sur la productivité globale (Eslava *et al.*, 2013).

En comparant les différentes manières dont la libéralisation tarifaire influence la performance des entreprises, Amiti et Konings (2007) constatent aussi qu'une baisse de la protection tarifaire entraîne une hausse de la productivité des producteurs indonésiens, mais que les effets positifs d'une réduction des droits sur les intrants sur la productivité des entreprises importatrices sont au moins deux fois plus importants. En d'autres termes, le levier de l'importation des intrants est plus puissant que celui de la concurrence à l'importation. Topalova et Khandelwal (2011) tirent des conclusions similaires de leur étude concernant les entreprises indiennes.

En ce qui concerne les effets de la concurrence à l'importation sur les entreprises des économies à revenu élevé, Bloom, Draca et Van Reenen (2016) étudient la réaction des entreprises de 12 pays de l'UE à la concurrence des importations chinoises. Ils parviennent à la conclusion que les entreprises les plus touchées ont augmenté leurs activités d'innovation, qui sont mesurées par le nombre de brevets. L'intensification de la concurrence a aussi évincé du marché les entreprises les moins productives, ce qui a conduit à une réorientation de l'emploi vers les entreprises technologiquement avancées. Ces deux effets combinés ont été à l'origine de 14% de la modernisation technologique européenne entre 2000 et 2007.

En revanche, la concurrence chinoise à l'importation a eu un effet négatif sur les activités d'innovation des entreprises aux États-Unis (Autor *et al.*, à paraître). La baisse de leurs ventes et de leur rentabilité a conduit les entreprises concernées à diminuer leurs dépenses de R-D, et donc à déposer moins de brevets. Les auteurs montrent que les entreprises plus petites et à moindre intensité de capital étaient les plus touchées ce qui, selon eux, pourrait à terme mener à une réorientation positive des ressources vers des entreprises plus solides. Ils suggèrent également que la différence entre la réaction des entreprises américaines et celle des entreprises européennes peut être due à la différence entre les conditions initiales de concurrence sur les marchés

et au fait que le choc créé par les importations a été plus important aux États-Unis.

Les mesures visant à encourager l'innovation, comme les subventions à la R-D, pourraient aider à garantir que la concurrence extérieure ait des effets positifs sur l'innovation dans les économies à hauts revenus. Akcigit, Ates et Impullitti (2018) ont étudié l'interaction entre la mondialisation et l'innovation aux États-Unis dans les années 1970 et 1980, quand les entreprises américaines ont été confrontées à une intensification de la concurrence internationale en raison du rattrapage technologique qui avait eu lieu au Japon et dans les pays d'Europe de l'Ouest. L'étude montre que les subventions à la R-D aident les entreprises nationales à se démarquer de la concurrence grâce à l'innovation, et ainsi à tirer un profit maximal de la mondialisation. Élever des obstacles au commerce, en revanche, nuit à l'économie à long terme car cela réduit la pression de la concurrence et incite donc moins à innover.

En conclusion, la plupart des études empiriques tendent à confirmer que la libéralisation des échanges a un effet positif sur l'innovation au niveau des entreprises. Certaines études suggèrent en outre que la réorientation des ressources vers des entreprises plus innovantes qui s'ensuit a une certaine importance. En d'autres termes, la libéralisation des échanges peut stimuler l'innovation dans l'économie non seulement en encourageant l'activité d'innovation au sein des entreprises, mais aussi en suscitant un redéploiement des ressources en faveur d'entreprises plus innovantes. De la même manière, les politiques commerciales peuvent avoir un effet sur la répartition des ressources entre des industries plus ou moins innovantes. C'est l'élément central de l'argument de la protection des industries naissantes qui est examiné à l'encadré C.3.

(iv) Participation aux chaînes de valeur mondiales

Comme indiqué aux paragraphes précédents, les interactions entre entreprises nationales et étrangères favorisent la diffusion des technologies de deux manières : 1) les acheteurs étrangers peuvent inciter les fournisseurs locaux à adopter de nouvelles technologies; 2) des technologies avancées peuvent être incorporées dans les intrants provenant de fournisseurs étrangers.

La participation à des chaînes d'approvisionnement mondiales peut constituer un facteur de diffusion des technologies encore plus puissant. Le partage des activités de production au niveau international implique un degré élevé d'interdépendance entre

des producteurs de différents pays, étant donné que la production d'un bien dans un pays dépend de la livraison en temps et en heure d'intrants provenant d'une usine située à l'étranger, et que ces intrants doivent être parfaitement compatibles avec la ligne de production locale. En conséquence, les entreprises qui externalisent à l'étranger sont plus enclines à transférer le savoir-faire, les pratiques de gestion et la technologie nécessaires pour produire efficacement l'intrant externalisé. Le même argument s'applique aux entreprises qui s'intègrent à une chaîne d'approvisionnement de filiales étrangères dans le pays hôte.

En s'appuyant sur des données sectorielles pour 25 pays, Piermartini et Rubínová (à paraître) montrent que la participation à des chaînes d'approvisionnement internationales aide les entreprises à bénéficier de la R-D réalisée par leurs partenaires étrangers. Ces transferts internationaux de connaissances stimulent l'innovation nationale, en particulier dans les économies émergentes. Javorcik (2004) montre que le fait de fournir des filiales de sociétés étrangères peut augmenter la productivité des entreprises d'une économie de transition. Selon elle, c'est le résultat d'exigences plus strictes sur la qualité et les délais, combinées à la formation du personnel et au transfert des connaissances. Plus récemment, Alfaro-Urena, Manelici et Vasquez (2019) ont montré que les entreprises costariciennes qui avaient commencé à fournir des multinationales étrangères constataient une amélioration importante et persistante de leurs performances. Après avoir interrogé les responsables dans les entreprises multinationales et les entreprises costariciennes, ils concluent que cet effet positif est dû à un ensemble de transformations interdépendantes des processus de production qui ont conduit à un élargissement des gammes de produits accompagné d'une amélioration de la qualité, à l'adoption de meilleures pratiques en matière de gestion et d'organisation et à une amélioration de la réputation des entreprises.

(v) L'interaction directe dans le cadre des chaînes de valeur mondiales et des réseaux de recherche

Les chaînes de valeur mondiales facilitent aussi les transferts de technologie car elles intensifient les contacts directs entre les entreprises étrangères et leurs fournisseurs. Les entreprises intégrées à une chaîne de production doivent interagir et se coordonner pour garantir que celle-ci fonctionne sans heurt. En conséquence, le personnel hautement qualifié des multinationales se déplace souvent d'un pays à l'autre pour veiller à la cohésion, tant en termes de technologie que de gestion, entre les

Encadré C.3 : Les politiques commerciales comme outil permettant de modifier le poids des secteurs dans une économie

Dans le domaine de l'économie, un débat de longue date porte sur l'idée qu'une protection temporaire de la concurrence extérieure pourrait aider une industrie nationale de haute technologie à devenir compétitive au niveau international et à développer sa production, stimulant ainsi les activités d'innovation et la croissance économique dans le pays. Cette théorie "des industries naissantes" suppose que les secteurs protégés aient le potentiel de générer des externalités de connaissance positives pour l'ensemble de l'économie mais qu'ils présentent des coûts de production initiaux élevés qui ne diminuent que progressivement au fil du temps, grâce à un apprentissage par la pratique (Aghion *et al.*, 2015).⁸ La protection contre les importations est souvent complétée par des prescriptions relatives à la teneur en éléments locaux.

La validité de la théorie des industries naissantes est intrinsèquement difficile à évaluer de façon empirique. Comme pour toute intervention similaire des pouvoirs publics, la motivation qui conduit à cibler un secteur spécifique n'est habituellement pas observable par le chercheur, ce qui crée des problèmes d'endogénéité qui viennent compliquer l'évaluation des liens de causalité. De plus, même si l'intervention des pouvoirs publics réussit à stimuler le secteur visé, ce résultat ne suffit pas à déclarer que la politique concernée a eu un effet positif sur le niveau de bien-être.

Des recherches récentes ont commencé à s'attaquer au premier problème et à éclairer la question de savoir si la protection contre l'importation stimulait les performances de l'industrie protégée. Par exemple, Juhász (2018) s'intéresse à l'adoption d'une technologie qui a stimulé la productivité et l'innovation au XIX^e siècle – la machine à filer le coton. Elle observe que les régions françaises qui ont été touchées par le blocus napoléonien, et ne pouvaient donc pas importer de textiles d'Angleterre, ont été plus promptes que les autres à adopter les machines à filer le coton. L'auteure suggère que cet avantage du pionnier a duré un siècle. Ces résultats peuvent être interprétés à la lumière des économies d'échelle externes,⁹ ce qui implique que même des interventions temporaires peuvent avoir des effets durables sur la localisation d'une industrie. Des travaux récents de Hanlon (à paraître) et Mitrunen (2019) parviennent à une conclusion similaire au sujet d'autres interventions observées par le passé.

Nunn et Trefler (2010) examinent l'hypothèse selon laquelle, du fait de la dépendance au sentier, la protection initiale d'industries à forte intensité de R-D (caractérisées par la diffusion des connaissances) peut conduire à une croissance plus importante du PIB par habitant. Ils constatent une corrélation positive entre le développement de la productivité dans un pays et la protection tarifaire de secteurs à forte intensité de qualification (un indicateur pour les secteurs à forte intensité en R-D) et estiment qu'elle correspond au moins à 25% à un lien de causalité.

Globalement, il n'y a encore que très peu de données sur le fonctionnement des politiques de protection des industries naissantes et leurs mécanismes. Un cadre émergent qui permettrait d'étudier les effets de ces politiques s'appuie sur des précédents historiques dans lesquels le contexte politique et les mécanismes spécifiques sont clairement mis en évidence (Lane, 2020). Si cette approche peut permettre une évaluation claire de politiques passées, il est nécessaire de mener davantage de recherches sur la manière dont les hypothèses qui sous-tendent l'argument des industries naissantes – dépendance au sentier et effets positifs de certaines industries sur l'ensemble de l'économie – se traduisent dans un monde où une innovation numérique rapide est un moteur de la croissance économique.

unités de production situées dans différents pays. Cette communication directe facilite le transfert de savoir-faire et de connaissances informelles.

Selon une étude de Hovhannisyann et Keller (2014), une hausse de 10% du nombre de voyages d'affaires en provenance des régions les plus innovantes des États-Unis se traduisait par une hausse de 0.2% du nombre de brevets déposés dans le pays de destination. Agrawal, Galasso et Oettl (2017) constatent, en se penchant sur les échanges de

connaissances entre les régions des États-Unis, que de meilleures liaisons facilitent la circulation des connaissances et qu'en conséquence, une hausse de 10% du nombre d'autoroutes inter-États entraînant une hausse d'environ 1,7% de l'innovation, mesurée par l'activité en matière de brevets dans la région. L'encadré C.5 fournit des éléments supplémentaires sur les effets positifs des échanges de connaissances associés aux voyages d'affaires effectués par les membres des diasporas vers leur pays d'origine.

D'une manière générale, étant donné que les connaissances informelles et les savoir-faire voyagent avec les personnes, les voyages d'affaires jouent un rôle important pour favoriser la productivité et la croissance économique. Les programmes publics visant à promouvoir l'innovation reflètent souvent l'importance des rencontres et de la création de réseaux entre entreprises et entre chercheurs (Edler et Fagerberg, 2017).

La diffusion des connaissances à partir des universités et des centres de recherche augmente avec la mobilité des scientifiques. Toutefois, cette diffusion, telle que mesurée en se fondant sur les brevets cités et les publications scientifiques, est géographiquement limitée. Les travaux précurseurs de Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) mettent en évidence l'existence d'un fort biais local en ce qui concerne les citations de documents de brevet aux États-Unis. Ce biais ne se manifeste pas uniquement au niveau du pays, mais aussi à celui de l'État, et même du comté. Belenzon et Schankerman (2013) confirment que les échanges de connaissances entre les universités des États-Unis sont fortement contraints par les frontières des États, et montrent que ces effets de localisation sont les plus forts dans les États où on constate une faible mobilité de la main-d'œuvre scientifique d'un État à l'autre. Cependant, selon Head, Li et Minondo (2019), les transferts de connaissances sont favorisés par les liens personnels et professionnels, et la concentration spatiale des transferts est donc due au fait que ces liens sont principalement locaux. Ils montrent que si deux mathématiciens ont un lien, par exemple s'ils ont coécrit un article par le passé ou s'ils ont eu le même directeur de thèse, la distance qui les sépare ensuite a une faible influence sur la probabilité pour qu'ils se citent l'un l'autre. La mobilité des étudiants et des scientifiques favorise la création de liens au niveau mondial et facilite donc le partage de connaissances à ce niveau.

Alors que le coût des voyages et des communications a baissé dans les années 1980 et 1990, le partage de connaissances est devenu moins local (Griffith, Lee et Van Reenen, 2011). Le biais local persiste cependant dans les secteurs à fortes économies d'échelle externes, tel que le secteur des technologies de l'information et de la communication.

Les transferts de connaissances peuvent être la conséquence de la mobilité de la main-d'œuvre d'un employeur à l'autre, en particulier les chercheurs, les ingénieurs et autres travailleurs qualifiés. Pendant le processus d'innovation, les travailleurs acquièrent de nouvelles connaissances et de nouvelles compétences, ainsi qu'une compréhension des technologies utilisées. Leur transfert d'une entreprise

à l'autre permet au nouvel employeur de bénéficier de ce capital humain (Breschi et Lissoni, 2001). C'est un autre exemple de la manière dont des connaissances générées dans un pays peuvent simuler la croissance économique dans un autre.

Les réseaux de recherche mondiaux promeuvent le partage d'éléments scientifiques fondamentaux, tels que les connaissances, l'équipement ou les données, et sont donc essentiels au progrès scientifique et technologique. Iaria, Schwarz et Waldinger (2018) s'appuient sur des données historiques pour montrer qu'une interruption dans la coopération scientifique entraîne un déclin de la recherche fondamentale et de ses applications techniques. Par exemple, la Première guerre mondiale a créé entre les Alliés et les Empires centraux un fossé scientifique qui a persisté bien après la fin de la guerre. Pendant cette période, la livraison de revues internationales était retardée, et les scientifiques des Empires centraux (c'est-à-dire l'Autriche-Hongrie, la Bulgarie, l'Allemagne et l'Empire ottoman) ont officiellement été boycottés par leurs pairs du côté des Alliés (c'est-à-dire la Grande-Bretagne, la France, l'Italie, le Japon, la Russie et les États-Unis) jusqu'en 1926, ce qui les a exclus des conférences et des organisations de recherche internationales. Iaria, Schwarz et Waldinger (2018) montrent que cela a conduit à une réduction des échanges de connaissances qui étaient essentiels à une recherche de haut niveau. En conséquence, les scientifiques qui s'appuyaient sur la recherche étrangère de pointe ont publié moins d'articles dans des revues scientifiques de haut niveau, ont produit moins de recherches menant à des nominations pour le prix Nobel, ont créé moins de nouveaux termes scientifiques et ont créé moins de nouveaux termes apparaissant dans des brevets ultérieurs.

Des études récentes montrent que les réseaux mondiaux de R-D, souvent stimulés par la délocalisation de la R-D, renforcent l'innovation portée par des chercheurs dans des pays émergents et en développement. Ils peuvent par exemple expliquer la croissance rapide du nombre de brevets chinois et indiens attribués aux États-Unis (Branstetter, Li et Veloso, 2014; Miguélez, 2018). Ce phénomène illustre le rôle important des réseaux internationaux de recherche dans la mise à profit du réservoir mondial des connaissances et la croissance économique qui s'ensuit.

(vi) Réussite des transferts de technologies et de la diffusion des connaissances

Si toutes les économies peuvent tirer parti de l'importation d'intrants de haute qualité, d'un marché

national plus compétitif et d'un accès à de vastes marchés étrangers, les transferts de connaissances qui stimulent l'innovation et la mise en œuvre de technologies étrangères dans la production nationale sont souvent tributaires des capacités de la partie qui les reçoit de maximiser leurs avantages. Les principaux obstacles au transfert de technologie sont liés aux caractéristiques des entreprises ou à des problèmes systémiques qui découlent de l'environnement dans lequel les entreprises interviennent. Les entreprises peuvent ne pas être au fait de toutes les solutions technologiques disponibles sur le marché, ou elles peuvent ne pas être en mesure d'identifier la technologie qui correspond le mieux à leurs besoins. La modernisation technologique peut aussi être entravée par un manque de compétences ou par des pratiques de gestion inadaptées. Au niveau du pays, le transfert de technologie est facilité par l'existence d'un environnement institutionnel adapté, par l'ouverture et par l'investissement dans l'éducation et la recherche.

Pour exploiter une nouvelle technologie venue de l'étranger, les entreprises doivent avoir une capacité d'absorption adaptée. La capacité d'absorption renvoie à la capacité d'apprendre à utiliser une nouvelle technologie, d'apprendre comment elle fonctionne et d'adapter une technologie développée à l'étranger aux conditions locales. La qualité de l'éducation, le nombre de travailleurs qualifiés et les ressources consacrées à la recherche publique sont quelques-uns des facteurs importants qui améliorent la capacité d'absorption d'un pays (Augier, Cadot et Dovis, 2013; Piermartini et Rubinová, à paraître). La collaboration entre industrie et institutions de recherche est aussi essentielle à l'adaptation des technologies étrangères aux conditions locales.

De nombreuses technologies sont développées par des entreprises multinationales dans des pays à hauts revenus, et peuvent être plus adaptées à l'environnement organisationnel et institutionnel de ces économies. La bonne mise en œuvre de nouvelles technologies dans d'autres économies ou d'autres types d'entreprises exige donc souvent un changement dans les pratiques de gestion. Giorelli (2019) étudie les effets d'un projet mené dans les années 1950 dans le cadre du Plan Marshall,¹⁰ et qui consistait à fournir à des entreprises italiennes des biens de production américains de pointe ainsi qu'une formation en gestion. Elle montre que la nouvelle expertise en gestion a été essentielle à la durabilité des effets positifs des nouvelles machines sur les performances des entreprises.

Une autre étude montre que même des différences organisationnelles, telles que le type de contrat de

travail, peuvent entraver l'adoption d'une nouvelle technologie. Atkin *et al.* (2017) ont mené une expérience consistant à enseigner à des fabricants de ballons de football du Pakistan une nouvelle technique qui réduirait les déchets générés par la fabrication. Ils ont été surpris de constater que seul un très petit nombre d'entreprises ont mis en œuvre cette technique. Cela était dû à une divergence d'intérêts entre les employés et les responsables. Dans la plupart des entreprises, les employés étaient payés à la pièce, et utiliser la nouvelle technique les aurait ralentis, au moins au début, ce qui aurait fait baisser leur rémunération. En conséquence, même si la technique était susceptible d'améliorer l'efficacité globale de la production, les employés ont résisté à son adoption.

Il en va de même pour les technologies numériques. Même dans les pays à revenus élevés, l'adoption des technologies numériques est en retard par rapport aux objectifs de politique générale. Tirer le meilleur parti des technologies numériques et être concurrentiel dans le domaine de l'innovation numérique exige non seulement un investissement dans des équipements et dans des compétences, mais aussi des changements dans les structures et les processus organisationnels.

(vii) Politiques visant à l'ouverture et à la transparence des données

À l'ère numérique, ce n'est plus seulement l'ouverture aux flux de marchandises, de services et de personnes qui compte, mais aussi l'ouverture aux flux de données associés. Comme il a été expliqué en détail dans le rapport de l'OMC (2018a), les politiques relatives aux données sont essentielles à la création d'un avantage comparatif à l'ère numérique car elles stimulent la capacité d'innovation et la performance des entreprises numériques. Leur valeur et le potentiel inexploité qu'elles représentent pour les entreprises et les gouvernements ont augmenté de façon spectaculaire alors que les nouvelles méthodes d'extraction et d'analyse de données reposant sur l'IA coïncident avec l'augmentation exponentielle des quantités de données disponibles à l'ère numérique. Les données sont donc devenues un intrant important pour l'innovation dans tous les secteurs de l'économie (Guellec et Paunov, 2018), comme indiqué également dans la section B.1. On a estimé que le marché de l'analyse de données progressait en moyenne de 40% par an, et l'immense valeur des données pour l'innovation a été mise en avant dans une série d'études qui montrent que les entreprises qui exploitent les mégadonnées à des fins d'innovation affichent un gain de productivité 5 à 10% plus rapide que les autres entreprises (OCDE, 2015).

En conséquence, les politiques relatives aux données, qu'elles concernent la localisation des données, les contenus Web ou la protection de la vie privée, peuvent être un élément important des politiques de l'innovation, même si leur adoption, en particulier en ce qui concerne la protection de la vie privée, correspond souvent à d'autres objectifs légitimes de politique générale. En théorie, des politiques restrictives en matière de protection de la vie privée peuvent faire diminuer l'utilisation de technologies reposant sur les données et limiter l'innovation qui s'appuie sur de vastes jeux de données pouvant être reliés entre eux. Cependant, elles peuvent aussi faire augmenter l'offre de données disponibles si elles amènent les consommateurs à faire confiance aux entreprises qui collectent les données ou si elles incitent les entreprises étrangères à transférer des données vers l'économie concernée. Dans la pratique, cependant, le premier effet semble dominer et les politiques moins restrictives en matière de protection des données semblent profiter aux entreprises qui utilisent les technologies numériques (Goldfarb et Tucker, 2012). En ce qui concerne l'industrie de la publicité en ligne, par exemple, Goldfarb et Tucker (2010) montrent que les règles européennes strictes relatives à la protection de la vie privée réduisent l'efficacité de la publicité en ligne de 65% par rapport aux États-Unis.

Les restrictions relatives à l'accès ou aux contenus Web peuvent décourager l'innovation en limitant la compréhension que les entreprises ont des préférences des consommateurs et en limitant la taille du marché pour les fournisseurs dont le contenu est bloqué.¹¹ Les restrictions d'accès à des sites Web ou plates-formes étrangers peuvent cependant aussi servir à protéger des industries numériques naissantes, comme peuvent le faire les interdictions d'importer (Erixon, Hindley et Lee-Makiyama, 2009). Cela peut renforcer l'innovation et la performance des entreprises nationales offrant le même service si le marché national est assez vaste. Il existe des corrélations qui suggèrent, par exemple, que les entreprises chinoises Baidu et WeChat ont tiré avantage du départ de fournisseurs de services étrangers comme WhatsApp et Google (Chu, 2017; Vale, 2019). Cela est étayé par la figure C.2, qui montre que le nombre d'utilisateurs actifs de WeChat en Chine a connu une croissance supérieure à la tendance au cours du trimestre où WhatsApp a quitté le marché chinois à la fin de 2017. Des politiques restrictives en matière de données pourraient aussi conduire à des mesures de rétorsion et contribuer à la fragmentation d'Internet, ce qui rendrait plus coûteux de mener des activités au niveau mondial (Swanson, Mozur et Zhong, 2020).

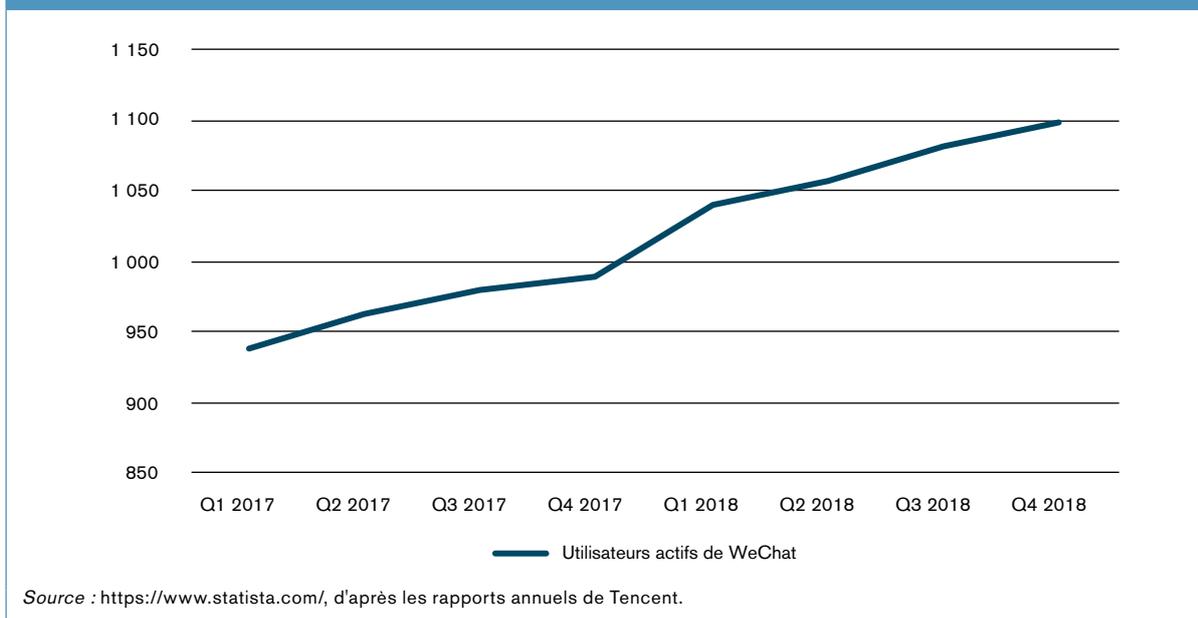
La localisation des données peut avoir pour effet d'imposer des coûts principalement aux entreprises étrangères. Les politiques qui exigent que les données acquises dans le pays y soient stockées peuvent limiter la disponibilité des données pour les entreprises étrangères, rendre nécessaires des investissements dans des serveurs locaux et prévenir la centralisation des données. Cela peut, dans les faits, protéger les secteurs nationaux à forte intensité de données et stimuler l'innovation et la performance nationales. Toutefois, les éléments limités disponibles à l'heure actuelle suggèrent que les restrictions des flux de données, comme la réglementation de la localisation des données, entraînent une diminution du commerce des services par Internet et une baisse de la productivité, ce qui nuit à la compétitivité. L'effet négatif est particulièrement fort pour les entreprises en aval, qui interagissent directement avec les consommateurs (Ferracane, Kren et van der Marel, 2020).

Des études de cas concernant le Brésil, la Chine, l'Inde, l'Indonésie, la République de Corée, l'Union européenne (28) et le Viet Nam ont montré que les politiques de localisation des données ont conduit à d'importantes pertes de PIB, une diminution de l'investissement intérieur et des salaires plus bas (Bauer *et al.*, 2014). Cela étaye l'hypothèse selon laquelle la libre circulation de l'information conduit les entreprises à innover. Lorsque les flux d'informations sont soumis à des restrictions sévères, cela empêche les individus de collaborer et de développer de nouvelles idées; cet effet est similaire à celui des limites imposées à la mobilité des biens, des services ou des chercheurs examinées plus haut (Pepper, Garrity et LaSalle, 2016). Ainsi, les politiques de localisation des données entravent le développement de nouvelles technologies de l'information qui pourraient être bénéfiques pour la capacité d'innovation des entreprises (Chander et Le, 2015).

Les politiques d'accès aux données publiques sont aussi essentielles à l'innovation à l'ère numérique. Le secteur public est l'un des utilisateurs et fournisseurs de données les plus importants de l'économie (OCDE, 2015). Les initiatives relatives aux données ouvertes, qui permettent d'accéder gratuitement aux données publiques pour en faire un usage non commercial, et d'y accéder pour un prix inférieur aux coûts marginaux pour en faire un usage commercial, ont grandement encouragé l'utilisation de ces données (voir les exemples donnés à la section B2 c)). On estime qu'elles profitent grandement à la croissance de la production et des ventes; selon une étude, les entreprises ayant accès aux données ouvertes ont vu leurs ventes croître 15% plus rapidement que les autres entreprises (Capgemini Consulting, 2013; Koski, 2011, 2015).

Figure C.2 : Augmentation du nombre d'utilisateurs actifs de WeChat avec le départ de WhatsApp

Utilisateurs actifs de WeChat en Chine par trimestre (en millions) (2017-2018)



Les préoccupations concernant notamment la protection de la vie privée ou la sécurité, en particulier dans des domaines sensibles tels que la santé ou la défense, peuvent en outre aboutir à conférer un avantage compétitif à des entreprises nationales utilisant beaucoup de données si la mise à disposition des données publiques est soumise à des critères de nationalité, ou si l'accès à ces données est restreint d'une autre manière, de sorte que seules certaines entreprises nationales peuvent y accéder. À l'ère numérique, où les entreprises s'appuient sur les données, l'effet est comparable à celui d'une subvention à la production ou à l'innovation (Goldfarb et Treffer, 2018). Bien entendu, si l'accès est trop limité, cela peut déboucher sur une situation de position dominante et entraver l'innovation et la production nationales plutôt que de les stimuler. Des études concernant les différences des lois sur la protection des données médicales entre les États des États-Unis suggèrent par exemple que les différences de taux de mortalité néonatale peuvent en partie s'expliquer par le fait que les hôpitaux n'ont pas le même accès aux dossiers médicaux (Miller et Tucker, 2011). Aucune preuve plus directe de l'importance de l'accès aux données publiques pour l'innovation et de ses effets sur celle-ci n'est toutefois disponible, et il n'est donc pas possible à l'heure actuelle d'évaluer plus précisément ces politiques.

Dans l'ensemble, les éléments disponibles plaident en faveur de politiques visant à l'ouverture et à la transparence des données; ces politiques contribueraient grandement à l'innovation à l'ère

numérique. Ces éléments sont à l'heure actuelle limités, mais ils vont globalement dans le sens de l'idée selon laquelle la libre circulation des données est propice à une activité d'innovation florissante. Ce domaine étant relativement nouveau et n'ayant pas encore fait l'objet de beaucoup d'études, il convient de mener davantage de recherches sur les relations entre les politiques relatives aux données et l'innovation ou la performance des entreprises afin de comprendre les effets à long terme de ces politiques et de mieux étayer les éléments réunis jusqu'à présent.

(b) Innovation financée par les pouvoirs publics

Il a été montré dans la section B que, dans le monde entier, les pouvoirs publics avaient recours à diverses politiques pour soutenir la R-D. Ces politiques sont justifiées au niveau économique par des insuffisances du marché qui font qu'il ne peut garantir que la R-D atteigne un niveau socialement souhaitable (voir la section C.2). L'accent est mis ici sur les effets des incitations fiscales visant les entreprises privées qui ont des activités de R-D, sur les effets des subventions publiques à la recherche, sur le rôle des marchés publics et sur le rôle des pouvoirs publics dans l'innovation « axée sur des missions ».

(i) Incitations fiscales visant la R-D du secteur privé

La littérature économique s'accorde sur le fait que les crédits d'impôt au titre de la R-D aboutissent à

une augmentation des dépenses de R-D. Dans une étude récente, Becker (2015) constate que l'élasticité négative de la demande de la R-D par rapport à son coût en termes d'imposition est estimée à environ un. Cela implique qu'une baisse de 10% de l'imposition sur la R-D fait augmenter la R-D d'environ 10%. Des études ultérieures (Dechezleprêtre *et al.*, 2016; Pless, 2019) concluent à un effet encore plus important, avec une élasticité avoisinant 2,5.

Les incitations fiscales visant la R-D sont évidemment destinées à stimuler l'innovation. Les entreprises peuvent toutefois réagir à ces incitations en déclarant d'autres dépenses comme de la R-D pour bénéficier d'un traitement fiscal favorable (Chen *et al.*, 2018). Pour contourner ce problème, certaines études examinent les effets directs des mécanismes de crédits d'impôt au titre de la R-D sur les résultats ne relevant pas de la R-D. Czarnitzki, Hanel et Rosa (2011) ont examiné les effets des crédits d'impôt au titre de la R-D sur les activités d'innovation du secteur manufacturier canadien. Pour la période 1997-1999, les programmes fédéraux et provinciaux de crédits d'impôt au titre de la R-D ont été utilisés par plus d'un tiers des entreprises du secteur manufacturier et par près des deux tiers des entreprises du secteur de la haute technologie. Czarnitzki, Hanel et Rosa (2011) estiment que les crédits d'impôt au titre de la R-D ont conduit à des niveaux d'innovation plus élevés dans les entreprises qui en avaient bénéficié. Les bénéficiaires des crédits d'impôt ont réalisé un plus grand nombre d'innovations portant sur les produits, et leurs ventes de produits nouveaux et améliorés représentent une part plus importante. Ils étaient aussi plus susceptibles d'introduire des nouveautés tant sur le marché canadien (intérieur) que sur le marché mondial.¹²

En se fondant sur une riche base de données concernant les entreprises norvégiennes, Cappelen, Raknerud et Rybalka (2012) constatent que les projets qui reçoivent des crédits d'impôt aboutissent au développement de nouveaux processus de production et, dans une certaine mesure, de nouveaux produits pour l'entreprise. Ils n'observent toutefois pas d'effet sur l'innovation sous forme de nouveaux produits destinés à être mis sur le marché ou de dépôt de brevets. Bøler, Moxnes et Ulltveit-Moe (2015) constatent que la mise en place d'un crédit d'impôt au titre de la R-D en Norvège en 2002 a stimulé non seulement les investissements dans la R-D mais aussi les importations de biens intermédiaires. Enfin, Dechezleprêtre *et al.* (2016) constatent qu'un dispositif fiscal relatif à la R-D mis en place au Royaume-Uni a abouti à une hausse de 60% des dépôts de brevets par les MPME qui en ont bénéficié.¹³ Considérés dans leur ensemble, les

résultats de ces études apportent des éléments de preuve montrant que les crédits d'impôt au titre de la R-D peuvent avoir un effet sur l'innovation.¹⁴

Une autre préoccupation soulevée par les crédits d'impôt au titre de la R-D est qu'au lieu de faire progresser la R-D globale, ils pourraient simplement entraîner un mouvement de relocalisation depuis les zones géographiques proposant les incitations fiscales les moins généreuses vers d'autres zones plus attrayantes (Akcigit et Stantcheva, à paraître; Bloom, Van Reenen et Williams, 2019). L'existence de tels mouvements est avérée, qu'ils se produisent entre deux États fédérés d'un État fédéral, par exemple aux États-Unis (voir Moretti et Wilson, 2017), ou au niveau international (voir Akcigit, Baslandze et Stantcheva, 2016).¹⁵ Cependant, même lorsque ces effets de relocalisation sont observés, Bloom, Van Reenen et Williams (2019) constatent « un effet global substantiel des crédits d'impôt au titre de la R-D au niveau national, tant sur le volume de la R-D que sur la productivité ».

La section B mettait en avant les régimes incitatifs relatifs à la propriété intellectuelle (« Patent Boxes »), un autre instrument utilisé par les pouvoirs publics pour stimuler l'innovation. Les « patent boxes » sont des régimes fiscaux spéciaux qui prévoient l'application aux revenus liés à des brevets d'un taux d'imposition plus bas que pour les autres revenus commerciaux (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019). Si, en théorie, les patent boxes pourraient stimuler la R-D, en pratique elles donnent lieu à une compétition fiscale en encourageant les entreprises à transférer leurs redevances de propriété intellectuelle vers différentes juridictions fiscales (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019; Neubig et Wunsch-Vincent, 2018). En se fondant sur des données complètes relatives aux brevets déposés auprès de l'Office européen des brevets, y compris des informations sur les transferts de propriété avant et après délivrance du brevet, Gaessler, Hall et Haroff (2019) étudient les effets de l'introduction d'une patent box sur les transferts internationaux de brevets, sur le choix de la localisation du propriétaire et sur les activités d'invention dans le pays concerné. Ils constatent un effet sur les transferts de propriété des brevets, et aucun sur l'innovation. Ils concluent que « ce résultat soulève la question de savoir si la patent box est un instrument efficace pour encourager l'innovation dans un pays, ou si elle se borne à faciliter le transfert des revenus des sociétés vers des territoires à faible fiscalité ».

(ii) Aides à la recherche

Avec les fonds qu'ils consacrent à la R-D, les pays peuvent avoir un effet quantitatif et qualitatif sur

l'innovation. Shambaugh, Nunn et Portman (2017) constatent que les pays qui affichent des dépenses de R-D relativement faibles ont tendance à produire moins de brevets de haute qualité (définis comme des brevets déposés auprès d'au moins deux offices).

Plusieurs commentateurs ont souligné le rôle actif que peuvent jouer les pouvoirs publics pour façonner et stimuler les avancées technologiques. Mazzucato (2013), par exemple, estime que le gouvernement américain est un agent indispensable de l'économie, qui innove à la pointe de la science et de la technologie, et qui a la capacité et la volonté de prendre des risques dans des environnements caractérisés par l'incertitude quant aux résultats finaux de l'effort d'innovation. Mazzucato (2013) donne l'exemple des technologies qui rendent possible l'existence des smartphones, telles que l'Internet, les systèmes sans fil, le GPS, l'activation vocale et les écrans tactiles. Toutes ces technologies et d'autres encore, telles que l'algorithme de recherche utilisé par Google, ont fait l'objet de recherches financées par des fonds publics attribués de manière compétitive.

Les gouvernements peuvent aussi avoir un effet important sur l'innovation par l'intermédiaire de leurs politiques de marchés publics. Cozzi et Impullitti (2010) montrent que l'intensité technologique des achats publics est de fait un instrument de politique d'innovation. De même, Moretti, Steinwender et Van Reenen (2019) estiment que les dépenses publiques liées à la défense sont souvent l'instrument politique le plus important par lequel les pouvoirs publics influencent la vitesse de l'innovation et la direction qu'elle prend.

La présente sous-section évalue les preuves empiriques de l'efficacité des dépenses publiques liées à la recherche et des marchés publics sur l'innovation. Elle examine en outre les avantages potentiels des politiques d'innovation « axées sur des missions ».

Les pouvoirs publics peuvent vouloir viser certains types spécifiques de R-D, et par exemple privilégier la recherche fondamentale par rapport à la recherche appliquée s'ils estiment que cela débouchera sur davantage de transferts de connaissances. Dans de telles circonstances, les aides gouvernementales à la recherche sont un meilleur instrument que les crédits d'impôt au titre de la R-D.

Recherche universitaire et innovation

Les aides à la recherche accordées aux universitaires ont un effet important sur la quantité de publications, mais elles peuvent aussi avoir des effets sur la R-D privée si les connaissances qu'elles contribuent à

générer se diffusent hors de la « tour d'ivoire » de l'université. Les entreprises de haute technologie s'installent souvent près d'universités scientifiques réputées. Ces choix sont au moins en partie déterminés par la diffusion géographiquement localisée des connaissances issues de la recherche universitaire. Cette diffusion passe par les interactions entre les personnes, les entreprises issues de la recherche universitaire, les services de consultants et les viviers de diplômés hautement qualifiés issus des universités et pouvant être employés par les industries (Becker, 2015). La documentation examinée par Becker (2015), qui concerne les États-Unis et d'autres pays, suggère principalement que la R-D privée tire parti de la diffusion géographiquement localisée des connaissances issues de la recherche universitaire.

Plus récemment, Toivanen et Väänänen (2016) ont étudié la manière dont les universités, en produisant un capital humain, influencent l'innovation. En se fondant, à l'échelle de la Finlande, sur la proximité avec une université technique, considérée comme un indicateur de la formation en ingénierie, ils ont observé un effet important de la formation en ingénierie sur les brevets : selon leurs estimations, la création de trois nouvelles universités techniques a abouti à une hausse de 20% du nombre de brevets déposés auprès de l'Office des brevets et des marques des États-Unis (USPTO) par des inventeurs finlandais.

Une question similaire a été étudiée par Andrews (2019), qui a examiné les liens de causalité entre le dépôt de brevets et l'implantation (quasi aléatoire) des universités dans les comtés des États-Unis entre 1839 et 1954. Il a constaté que, dans les lieux où une nouvelle université avait été créée, le nombre de brevets déposés chaque année était supérieur de 45% au nombre de brevets déposés dans les lieux finalistes (c'est-à-dire les lieux où il avait été fortement envisagé d'implanter de nouvelles universités mais qui n'avaient finalement pas été retenus pour des raisons exogènes).

En examinant plusieurs pays, Valero et Van Reenen (2019) montrent qu'une augmentation de 10% du nombre d'universités par habitant dans une région est associée à une hausse de 0,4% du PIB futur (à horizon cinq ans ou plus) par habitant dans cette région. Ils estiment que le lien entre PIB par habitant et présence d'une université repose en partie sur l'augmentation de l'offre de capital humain et en partie sur le développement de l'innovation qui y sont associées.

Enfin, Azoulay *et al.* (2019b), en se fondant sur des variations quasi expérimentales des financements attribués par les Instituts nationaux de la santé des États-Unis à différents domaines de recherche, montrent qu'une hausse de 10 millions de dollars

Par Mariana Mazzucato

Professeur et Directrice-fondatrice, Institute for Innovation and Public Purpose, University College London.

Politique d'innovation et politique industrielle axées sur des missions

Le monde doit faire face à d'immenses défis concernant la santé et le climat, et la structure de nos économies a conduit à faire passer, pendant trop longtemps, les objectifs à court terme avant ceux à long terme. Nous avons besoin d'un changement radical, qui consisterait à mettre les défis au cœur de l'économie, plutôt que d'envisager d'un côté la croissance économique et de l'autre les solutions aux problèmes sociaux. À cette fin, il est utile de réfléchir au rôle des politiques axées sur les défis – c'est-à-dire des politiques qui s'appuient sur l'investissement et l'innovation pour résoudre les problèmes difficiles (Mazzucato, Kattel et Ryan-Collins, 2019).¹⁶

On assiste dans le monde entier à un renouveau des stratégies industrielles qui devraient être utilisées pour orienter les économies vers la résolution des difficultés les plus importantes grâce à l'innovation et à l'investissement (Mazzucato, Kattel et Ryan-Collins, 2019; Mazzucato, 2018a). En fixant des missions bien définies pour résoudre les problèmes importants, les décideurs peuvent influencer la direction que prend la croissance en faisant des investissements stratégiques et en utilisant des instruments de politique générale adaptés dans de nombreux secteurs différents.

Pour appliquer l'innovation aux problèmes, il convient de diviser ceux-ci en différentes tâches ou missions ambitieuses mais pragmatiques et réalisables (Mazzucato, 2018b) – des cibles concrètes qui pourront être utilisées pour encadrer et stimuler

l'innovation. L'utilisation de projets pour orienter la stratégie industrielle nationale ou la politique d'innovation implique de moins se concentrer sur les secteurs – comme l'industrie automobile ou aérospatiale, ou encore les télécommunications, comme on a pu le voir par le passé avec des politiques "verticales" – et davantage sur les problèmes de société qui touchent tout le monde.

Un exemple d'un tel cadre axé sur les missions est le programme de R-D de l'Union européenne Horizon Europe, dans le cadre duquel environ 100 milliards d'€ seront attribués à 5 domaines, comme indiqué dans mon rapport pour la Commission européenne, *Mission-Oriented Innovation Policy: Challenges and Opportunities* (Mazzucato, 2018b). En juillet 2019, j'ai publié un second rapport, intitulé *Governing Missions in the European Union*, qui portait sur 3 domaines principaux : la manière dont les citoyens peuvent participer à l'élaboration et à la mise en œuvre des missions; les outils dont le secteur public a besoin pour favoriser un environnement dynamique pour l'innovation; et la manière dont un financement axé sur les missions peut permettre de mobiliser d'autres types de financements (Mazzucato, 2019).

Les objectifs de développement durable des Nations Unies (ODD) représentent aussi une formidable occasion de diriger l'innovation vers la résolution de multiples problèmes sociaux et technologiques, et de répondre ainsi à la nécessité impérieuse de créer des sociétés plus justes, plus inclusives et plus durables.

À l'heure actuelle, en pleine crise de la COVID-19, le monde doit d'une part se remettre du choc économique causé par la COVID-19 et d'autre part opérer la transition vers une économie sobre en carbone. Ces défis ne sont pas distincts. La COVID-19 a entraîné une réponse ambitieuse des États et, pour que la stratégie industrielle verte soit un succès, il sera nécessaire de repenser, à une échelle similaire, les négociations entre pouvoirs publics et entreprises. Il est essentiel d'adopter des stratégies dans le cadre desquelles les risques et les bénéfices sont partagés équitablement entre tous les acteurs pour encourager les investissements dynamiques et durables qui sont nécessaires sur toute la durée d'un processus d'innovation long et incertain et pour aboutir à une relation de symbiose et de collaboration entre les secteurs public et privé.¹⁷ Le paradigme actuel de mutualisation des risques et de privatisation des bénéfices doit être remplacé par un modèle dans lequel un investissement public aboutit à un gain public.

Si les gouvernements doivent adopter pleinement cette approche volontariste de l'innovation et de la politique industrielle, ils devront apprendre à bâtir de nouveaux types de collaborations public-privé pour le bien public et à utiliser la politique industrielle à cette fin. Il faudra pour cela utiliser des outils tels que les marchés publics et les financements stratégiques à long terme, mais aussi réfléchir aux façons de faire qui prévalent actuellement dans les institutions publiques.

EU des financements attribués à des universitaires aboutit à 2,7 brevets supplémentaires déposés par des entreprises privées.

La littérature mentionnée ci-dessus suggère clairement que les universités continueront à jouer un rôle important pour stimuler l'innovation dans le cadre de l'économie numérique.

R-D financée par des fonds publics et menée par des entreprises privées

Les aides publiques à la recherche ne sont pas uniquement destinées aux universitaires (ou aux chercheurs des laboratoires ou centres de recherche publics), mais aussi à des structures privées. Cette forme d'aide publique à la R-D sera plus ou moins efficace pour stimuler la R-D privée selon la manière dont sont conçues les mesures concernées. Les mesures de soutien à la R-D privée qui sont transparentes (par exemple des aides à la recherche attribuées à l'issue d'un processus ouvert et compétitif), non discriminatoires (disponibles aussi bien pour les entreprises nationales que pour les entreprises établies à l'étranger), et destinées à de jeunes entreprises qui ont des difficultés à lever des capitaux en amont sont préférables à des mesures de soutien à la R-D qui prennent la forme de subventions généralisées profitant aux grands opérateurs historiques ou aux entreprises nationales (OCDE, 2019).

Howell (2017) apporte des éléments de preuve selon lesquels des programmes de subventions directes à la R-D peuvent avoir des effets positifs sur les activités d'innovation des petites entreprises de haute technologie. Elle examine les demandes soumises par de telles entreprises dans le cadre du programme pour la recherche et l'innovation dans les petites entreprises du Département de l'énergie des États-Unis (SBIR) entre 1983 et 2013 et constate que les allocations reçues pendant la phase 1 du programme (qui avait aussi une phase 2, pour laquelle les candidats retenus lors de la phase 1 pouvaient se présenter neuf mois après avoir reçu leur allocation) avaient un puissant effet. Une entreprise qui obtenait une allocation de phase 1 voyait ses chances de recevoir un investissement en capital-risque passer de 10 à 19%. De plus, ces allocations de phase 1 doubleraient presque les chances des petites entreprises de réaliser des recettes positives et augmentaient leurs chances de se maintenir sur le marché ou de réussir leur sortie (introduction en bourse ou rachat). Plus important en ce qui concerne le présent rapport, les allocations de phase 1 augmentent d'au moins 30% le nombre de brevets de l'entreprise cités ultérieurement.¹⁸

Il existe aussi des données, quoique limitées, selon lesquelles les aides publiques à la R-D auraient un effet positif sur la R-D privée dans certains pays en développement. Pour le secteur manufacturier turc, Özçelik et Taymaz (2008) apportent des éléments supplémentaires sur l'existence d'un phénomène d'additionnalité (i.e. les aides publiques renforcent en moyenne la R-D privée) qui a été observé pour plusieurs pays en développement. Plus récemment, Wu *et al.* (2020) montrent que les aides à la R-D attribuées à 1 166 entreprises chinoises hors secteur financier entre 2008 et 2013 ont augmenté les ressources consacrées à l'innovation (investissements de R-D) par les entreprises, mais n'ont pas stimulé les résultats d'innovation (demandes de brevets). Fernández-Sastre et Montalvo-Quizhpi (2019) constatent, en s'appuyant sur des données concernant des entreprises équatoriennes sur la période 2009-2011, que les programmes d'aide à l'innovation qui visent à renforcer les capacités technologiques des entreprises incitent celles-ci à investir dans les activités de R-D.

Quel est l'effet combiné de plusieurs mesures? On a accordé étonnamment peu d'attention à cette question. Bérubé et Mohnen (2009), examinent, en s'appuyant sur l'Enquête sur l'innovation de Statistique Canada de 2005, les effets des aides à la R-D sur les entreprises canadiennes qui bénéficiaient déjà de crédits d'impôt au titre de la R-D. Ils constatent que les entreprises qui ont bénéficié de ces deux mesures ont lancé davantage de nouveaux produits que celles qui ont seulement bénéficié de mesures fiscales incitatives. Elles ont aussi apporté davantage d'innovations en matière de produits et sont davantage parvenues à commercialiser leurs innovations.

Plus récemment, Pless (2019) étudie la question de savoir si les aides directes et les crédits d'impôt au titre de la R-D jouent le rôle d'un complément ou d'un substitut sur le comportement des entreprises du Royaume-Uni en termes d'investissement dans la R-D. Elle constate que ces mesures jouent un rôle de complément pour les petites entreprises mais de substitut pour celles qui sont plus importantes (i.e. les entreprises qui investissent déjà dans la R-D augmentent encore leurs investissements). Elle montre aussi que cette complémentarité des politiques de R-D renforce les efforts des petites entreprises visant à développer de nouveaux biens et services (innovation horizontale) plutôt que ceux visant à améliorer les biens et services existants (innovation verticale), et qu'elle augmente la probabilité que les petites entreprises élaborent des biens nouveaux ou grandement améliorés, plutôt que de nouveaux processus.

(iii) *Le rôle des pouvoirs publics comme acheteurs de produits innovants*

En accroissant la taille du marché, les achats publics dans un secteur donné peuvent stimuler les activités de R-D et d'innovation des entreprises privées. Les exemples sont abondants – ainsi, aux États-Unis les nouvelles technologies développées comprennent les semi-conducteurs, les avions civils gros porteurs, l'Internet et la technologie GPS, tandis que les technologies menant à la téléphonie numérique ont été développées en Suède et en Finlande, et les trains à grande vitesse dans plusieurs pays.¹⁹ L'innovation dans les secteurs de la haute technologie, en particulier l'innovation numérique, peut donc être renforcée par une augmentation de la proportion des marchés publics dans ces secteurs.

Les effets de la demande publique sur l'innovation aux États-Unis pour la période 1999-2009 sont étudiés par Slavtchev et Wiederhold (2016). Ils rapportent les dépenses de R-D privées par État au contenu technologique des achats publics fédéraux. Slavtchev et Wiederhold (2016) constatent qu'une augmentation du contenu technologique des achats publics conduit à une augmentation de la part de la R-D privée dans l'économie.²⁰ La valeur de l'élasticité de la R-D privée par rapport aux achats publics de haute technologie qu'ils estiment implique que chaque dollar d'achats publics transféré par le gouvernement des industries hors secteur de la haute technologie vers les industries de haute technologie correspond à 0,21 dollar EU d'investissement supplémentaire dans la R-D privée.²¹

Jaworski et Smyth (2018) mettent en évidence le fait que l'obtention de marchés publics peut créer des effets d'apprentissage dynamiques. En utilisant les données relatives à tous les avions introduits sur le marché entre 1926 et 1965, ils constatent que les fabricants de cellules d'avions commerciaux qui avaient des contrats de fabrication de bombardiers pendant la Seconde Guerre mondiale avaient plus de chances d'être présents sur le marché après-guerre que les entreprises qui n'avaient pas obtenu ces contrats. Ils attribuent l'effet des contrats de fabrication de bombardiers aux avantages en termes de R-D et de capacité d'apprentissage acquis par les entreprises qui avaient des contrats avec l'armée.

Des données transnationales concernant les effets positifs de la R-D financée par les pouvoirs publics sur la R-D privée sont présentées par Moretti, Steinwender et Van Reenen (2019). En se fondant sur un ensemble de données concernant 26 industries dans tous les pays de l'OCDE sur 23 ans, ils trouvent des preuves solides indiquant qu'une augmentation

de la R-D financée par des fonds publics due à des variations dans la R-D consacrée à la défense se traduit par des augmentations significatives des dépenses de R-D privées, avec une élasticité estimée à 0,43.²² Les effets sont importants sur le plan économique. Les auteurs prennent l'exemple de la fabrication de produits et pièces pour l'industrie aérospatiale aux États-Unis, où les dépenses de R-D liées à la défense s'élevaient à 3 026 millions de dollars EU en 2002. Leurs estimations suggèrent que cet investissement public a débouché sur 1 632 millions de dollars EU d'investissement privé supplémentaire dans la R-D.

Moretti, Steinwender et Van Reenen (2019) examinent plus avant les effets de l'investissement dans la R-D sur la productivité, et constatent un effet positif. On estime qu'une augmentation de la R-D consacrée à la défense pour atteindre un coefficient de valeur ajoutée d'un point de pourcentage entraîne une hausse de 5% du taux de croissance annuelle de la productivité totale des facteurs – soit une croissance de 2,1% par an au lieu de 2%.

Dans l'ensemble, Moretti, Steinwender et Van Reenen (2019) montrent que les différences entre pays en ce qui concerne la R-D consacrée à la défense jouent un rôle pour expliquer les différences entre pays en ce qui concerne l'investissement dans la R-D privée, la rapidité de l'innovation, et enfin la productivité des entreprises du secteur privé.

(iv) *Le rôle du gouvernement dans le développement d'une innovation radicale*

Les avancées technologiques décisives ont souvent lieu dans le cadre de politiques d'innovation axées sur une mission, ce que Bloom, Van Reenen et Williams (2019) appellent « viser la Lune », en référence au programme Apollo du Président J. F. Kennedy.

Ces politiques se caractérisent par un degré élevé de centralisation et d'intentionnalité (elles ont un objectif technologique spécifique et bien défini), et par une importante intervention des pouvoirs publics : l'État est à la fois la source de financement et le client, et les activités de R-D sont menées par des organismes publics (École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 2020).

Ces politiques consistant à « viser la Lune » sont intrinsèquement difficiles à évaluer. Cela est dû d'une part au fait qu'on ne peut pas savoir ce qui se serait passé si elles n'avaient pas été menées (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019), mais aussi au fait que, pour un programme qui implique des investissements à long terme très risqués, un seul succès peut justifier de nombreux échecs. De surcroît, les résultats

mesurables à court terme, comme les publications ou le dépôt de brevets, ne reflètent pas les succès que représentent les rares résultats aboutissant à une transformation profonde (Azoulay *et al.*, 2019a).

Au vu de ces éléments, Bloom, Van Reenen et Williams (2019) analysent deux arguments principaux qui pourraient justifier ces missions ambitieuses.

Premièrement, la mission peut se justifier d'elle-même. Bloom, Van Reenen et Williams (2019) donnent l'exemple de l'utilisation de la technologie pour lutter contre les changements climatiques. Dans ce contexte, il a été démontré que les subventions à la recherche prévalaient dans la combinaison optimale de mesures visant à atténuer les effets des changements climatiques en passant d'une technologie polluante à une technologie propre (Acemoglu *et al.*, 2012; 2016). Une approche consistant à « viser la Lune » pourrait accélérer une telle transition. D'autres objectifs socialement souhaitables, tels que la lutte contre les maladies, pourraient aussi faire l'objet d'une telle politique. Dans le contexte de la pandémie de COVID-19 actuelle, certains ont plaidé en faveur de l'adoption d'« une approche axée sur les missions qui consacrerait à la fois des investissements publics et privés à la réalisation d'un objectif commun clairement défini : développer un ou des vaccins efficaces contre la COVID-19, qui pourraient être rapidement produits à grande échelle et mis à disposition gratuitement » (Mazzucato et Torreale, 2020). Cette idée est développée dans l'encadré C.4.

Le deuxième argument avancé par Bloom, Van Reenen et Williams (2019) pour justifier ces politiques concerne l'inégalité géographique. Si des politiques consistant à « viser la Lune » sont mises en œuvre dans des villes ou des régions qui sont en retard en termes de développement économique, les retombées qu'elles généreraient localement pourraient stimuler le développement de ces zones.

(c) Protection de la propriété intellectuelle

Comme indiqué dans le rapport de l'OMC (2018a), la réglementation des DPI prendra nécessairement de l'importance à l'ère numérique, car de nombreux produits numériques peuvent être reproduits gratuitement et sont de nature non rivale. Cela veut dire qu'ils peuvent être consommés en même temps par un nombre infini de personnes sans perdre leur utilité. Pour garantir des prix rentables aux producteurs, il faut des DPI stricts que l'on peut faire respecter. Cela peut rendre un pays plus attractif pour les entreprises du numérique. Le rapport de l'OMC (2018) concluait toutefois que la question de savoir

si la réglementation en matière de DPI augmentait ou réduisait la compétitivité dans les secteurs numériques était finalement d'ordre empirique. D'une part, un faible respect des droits de propriété intellectuelle peut faire diminuer les revenus des industries pour lesquelles ces droits sont importants, telles que l'industrie de la musique, l'industrie cinématographique ou le secteur de l'édition. D'autre part, des droits de propriété intellectuelle stricts (tels que, dans le cas des brevets, des brevets qui durent plus longtemps, qui ont une portée plus large ou qui sont plus strictement appliqués) pourraient faire peser une contrainte sur la création et sur la qualité des produits numériques en limitant l'accès à ces produits ou en augmentant le montant des redevances.

La présente sous-section porte sur les liens entre DPI et innovation. Une plus forte protection des DPI devrait en principe stimuler les transferts de technologie vers un pays, mais elle a en fait des effets ambigus sur l'innovation (Hall, 2020). Des études empiriques analysées par Hall (2014) constatent une corrélation positive entre respect des DPI et transfert de technologie par l'intermédiaire de l'investissement étranger direct, en particulier dans les pays hôtes qui ont des capacités d'absorption et d'imitation suffisantes.

En termes d'innovation nationale, les résultats empiriques sont en demi-teinte. Les effets directs des DPI sur la croissance sont tempérés par un certain nombre de facteurs, y compris les capacités du pays en matière de R-D, sa richesse par habitant, la nature et l'efficacité de ses institutions, son degré de développement et son degré d'instabilité économique (Gold, Morin et Shadeed, 2019). Les études portant sur plusieurs pays et consacrées à la corrélation entre protection des DPI et innovation prennent généralement en compte les mesures relatives aux brevets au niveau du pays, sans distinction entre les secteurs ou les technologies. La figure C.3, fondée sur les données relatives aux brevets disponibles, ventilées par secteur, met en évidence une faible corrélation (inconditionnelle) positive entre protection des DPI et part des brevets liés aux TIC sur l'ensemble des brevets dans un ensemble de 91 économies développées et en développement.²³

En l'absence de variation exogène concernant les DPI, il est difficile, dans les études portant sur plusieurs pays, d'apporter une réponse satisfaisante à la question de savoir s'il y a un lien de causalité entre DPI et innovation. Quelques études détaillées récentes montrent que la protection conférée par un brevet augmente la disponibilité de nouveaux médicaments.

Encadré C.4 : Est-il envisageable d'adopter une approche axée sur les missions pour trouver un vaccin contre la COVID-19 ?

La découverte d'un vaccin contre la COVID-19 est un "impératif en matière d'innovation" (École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 2020), pour lequel il semble indiqué d'adopter une approche axée sur la mission dans le cadre de laquelle les pouvoirs publics interviendraient pour financer, développer et acheter la nouvelle technologie (i.e. un vaccin efficace). Mais est-ce bien le cas?

En temps normal, les vaccins sont soumis à un sous-investissement systématique en termes de R-D par les entreprises pharmaceutiques privées pour deux raisons essentielles : premièrement, il n'y a pas une demande suffisante; deuxièmement, l'investissement dans la R-D est sujet aux défaillances du marché.

La faiblesse de la demande en temps normal est due au fait qu'être vacciné génère une externalité positive (les personnes vaccinées sont non seulement immunisées contre la maladie concernée, mais elles contribuent aussi à ralentir sa transmission), au fait que les consommateurs semblent davantage prêts à payer pour un traitement que pour un vaccin, et au fait que certaines personnes sont opposées à la vaccination.²⁴

En ce qui concerne l'offre, l'investissement dans la R-D concernant les vaccins est découragé par le fossé qui existe entre les rendements de ces innovations pour la société et leurs rendements privés, par le risque élevé que représente le financement de telles activités, et par un problème d'incohérence temporelle (une fois le vaccin disponible, les pouvoirs publics sont incités à l'obtenir à un prix qui ne couvre que les frais de fabrication, et pas les frais de R-D). De plus, dans le cas des maladies concernant plusieurs pays, comme les pandémies, chaque pays a intérêt à profiter de la R-D financée par des gouvernements étrangers (Kremer, 2000).

Pendant la pandémie actuelle, la plupart des dysfonctionnements du marché concernant la consommation de vaccins se sont fortement dissipés (par exemple une part importante des consommateurs sont prêts à payer un prix plus élevé que le coût de fabrication), ainsi que ceux concernant la R-D (par exemple à cause de l'effet encourageant pour la recherche des partenariats public-privé). En conséquence, les entreprises ont travaillé plus vite que jamais à l'élaboration d'un vaccin. À l'heure où nous écrivons (début août 2020, à peine 7 mois après la publication du premier séquençage du génome du virus SARS-Cov-2), 6 des vaccins expérimentaux contre la COVID-19 sont parvenus à la phase 3 des essais cliniques (Organisation mondiale de la santé (OMS), 2020).

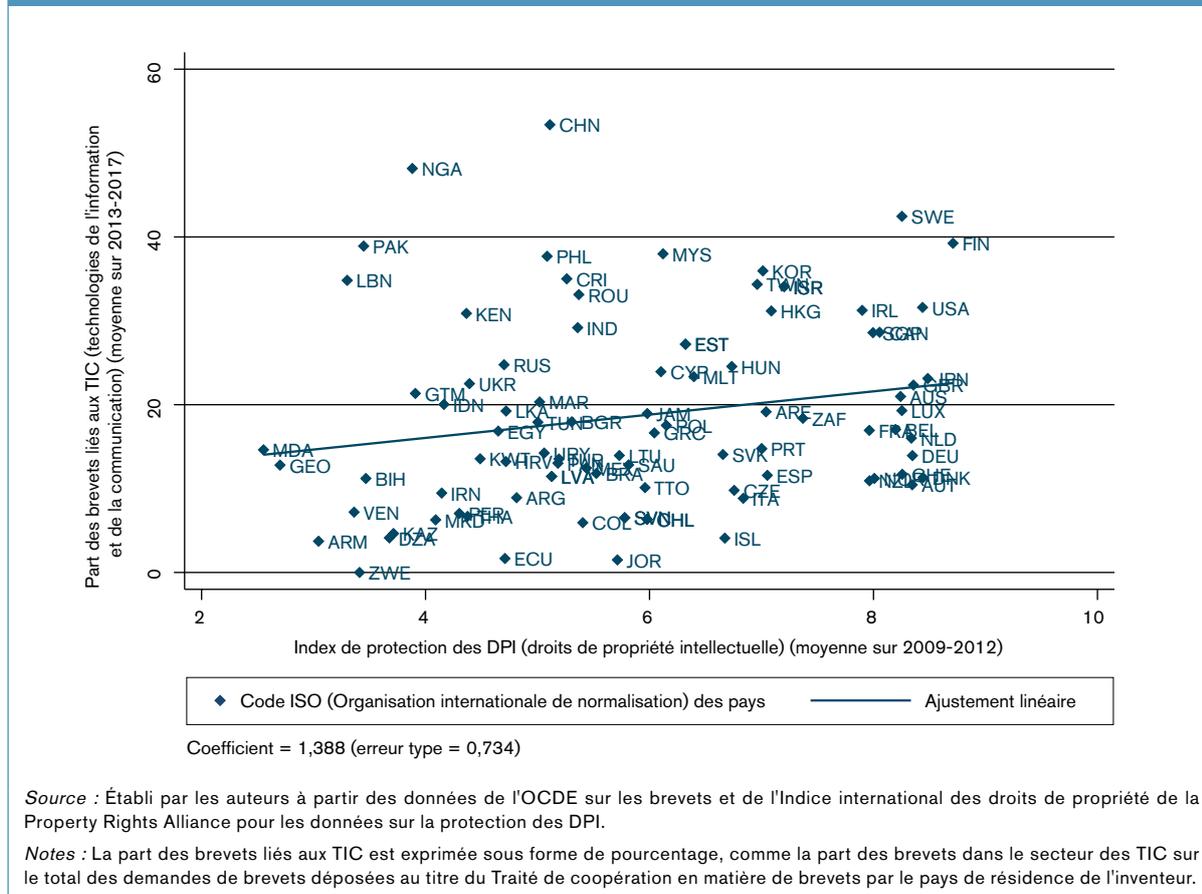
La meilleure façon de décrire la course au vaccin actuelle consiste à dire qu'elle est le résultat de la liberté intellectuelle, de l'ouverture scientifique et de la concurrence décentralisée, plutôt que le résultat d'une approche de direction et de contrôle axée sur une mission.²⁵ En cela, elle ne diffère pas vraiment des autres innovations dans le domaine des sciences de la vie. Comme le soutenaient Cockburn, Stern et Zausner (2011), il semble qu'un pic unique de R-D n'ait jamais été payant dans l'industrie pharmaceutique, voire que ce schéma soit en fait contre-productif. L'expérience passée et actuelle suggère donc que l'approche décentralisée et concurrentielle actuelle est préférable, pour aboutir à un vaccin contre la COVID-19, à une approche axée sur les missions.

Une fois les vaccins disponibles, la question importante est de savoir comment garantir un accès rapide, juste et équitable à ces produits. Des garanties de marché anticipées – par lesquelles des donateurs publics ou privés s'engagent à compléter le prix d'un vaccin donné à hauteur d'un certain montant par dose si l'entreprise qui l'a développé fixe un prix proche du coût de fabrication – pourraient jouer un rôle.²⁶ Le fabricant d'un vaccin prometteur, AstraZeneca, a adhéré à l'initiative de garantie de marché de Gavi pour le vaccin contre la COVID-19 (garantie de marché COVAX de Gavi) lancée en juin 2020, et garanti 300 millions de doses du vaccin contre la COVID-19 qu'il développe en collaboration avec l'université d'Oxford. Ces doses seront livrées une fois la licence ou la préqualification par l'OMS obtenue.

Il convient de noter que les garanties de marché aident à trouver des financements et font diminuer les risques associés à la production de vaccins, mais ne prennent pas nécessairement en compte l'allocation équitable de ces vaccins. En plus de garantir un nombre déterminé de commandes pour le vaccin comme mesure incitative pour les entreprises pharmaceutiques, la garantie de marché COVAX de Gavi comprend en outre une clause de distribution équitable qui vise à garantir qu'aucun pays ne soit laissé de côté pendant la pandémie, et que le vaccin soit distribué en fonction des besoins et non de la demande.

Figure C.3 : La part des brevets liés aux TIC est corrélée positivement à la protection des DPI

Corrélation entre la part des brevets liés aux TIC sur l'ensemble des brevets (moyenne sur 2013-2017, ordonnée) et l'indice de protection des DPI (moyenne sur 2009-2012, abscisse)



Kyle et Qian (2014) examinent les effets de la protection des brevets pharmaceutiques sur (entre autres) la vitesse du lancement de médicaments dans 60 pays entre 2000 et 2013. Ils utilisent les variations dans les délais de mise en conformité à l'Accord de l'OMC sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (Accord sur les ADPIC) au niveau des produits pour obtenir une variation exogène du « traitement » (i.e. la mise en œuvre d'un niveau minimal de protection des brevets comme prescrit par l'Accord sur les ADPIC). Ils constatent que les brevets ont des conséquences importantes pour l'accès aux nouveaux médicaments : en l'absence d'un brevet, le lancement est improbable.²⁷ Cockburn, Lanjouw et Schankerman (2016) analysent le calendrier du lancement de 642 nouveaux médicaments dans 76 pays entre 1983 et 2002. Ils montrent que des droits de brevet plus longs et plus complets réduisent le délai qui s'écoule avant que de nouveaux médicaments ne soient disponibles sur le marché de différents pays.

Dans une étude sur les effets des brevets sur les investissements dans la recherche, Williams (2017)

identifie trois questions qu'il convient de résoudre. Premièrement, quels effets l'obligation de divulgation dans le cadre des brevets – i.e. l'obligation de divulguer l'invention en contrepartie des droits de brevet – a-t-elle sur les investissements dans la recherche? Deuxièmement, une plus forte protection des brevets – i.e. une plus longue durée de validité du brevet ou une plus large portée du brevet – est-elle efficace pour inciter à des investissements supplémentaires dans la recherche? Et troisièmement, les brevets sur des technologies existantes ont-ils des effets sur les investissements ultérieurs dans la recherche ?

Pour toutes ces questions, les preuves empiriques ne permettent pas de parvenir à des conclusions. Les données montrant une augmentation de l'investissement dans la recherche du fait de la divulgation des inventions sont limitées.²⁸ De même, il n'y a que peu de preuves qu'un renforcement des droits de brevet encourage les investissements dans la recherche.²⁹ Différentes études parviennent à des conclusions différentes sur les effets des DPI sur l'innovation ultérieure.³⁰

La concession de licences obligatoires – par laquelle les pouvoirs publics autorisent la production d'un produit breveté ou l'utilisation d'un processus breveté sans le consentement du titulaire du brevet ou prévoient d'utiliser eux-mêmes l'invention brevetée – peut être utilisée pour accéder à une technologie étrangère essentielle (par exemple un médicament pouvant sauver des vies).³¹ Une telle mesure peut avoir des effets sur l'innovation dans le pays qui accorde la licence et dans le pays étranger. Les effets de la concession de licences obligatoires sur l'invention dans le pays qui accorde la licence sont ambigus sur le plan théorique (Moser, 2013). D'une part, l'accès à des inventions appartenant à un acteur étranger pourrait, s'il remplace la R-D nationale, décourager l'invention dans le pays qui accorde la licence. D'autre part, la concession de licences pourrait encourager la R-D nationale portant sur des sujets complémentaires des inventions appartenant à un acteur étranger, accroître les connaissances et permettre un apprentissage par la pratique. Moser et Voena (2012) exploitent empiriquement un épisode de concession intensive de licences en vertu de la Loi des États-Unis sur le commerce avec l'ennemi de 1917 (TWEA) et examinent ses effets sur l'activité de brevetage d'inventeurs américains dans le domaine de la chimie organique.³² Elles mettent en évidence une augmentation de 20% de l'activité de brevetage au niveau national due à la concession de licences obligatoires.

Les effets de la concession de licences obligatoires sur le pays des inventeurs dont les brevets sont utilisés sont, eux aussi, ambigus sur le plan théorique. La concession de licences obligatoires pourrait décourager l'innovation à long terme en réduisant l'efficacité attendue des brevets, mais elle pourrait également stimuler l'innovation en augmentant la menace de la concurrence. La TWEA a permis aux entreprises américaines d'obtenir des licences sur tous les brevets allemands à partir de 1919. Baten, Bianchi et Moser (2017) ont étudié les effets de cet épisode sur l'activité de brevetage des entreprises allemandes. Ils montrent que les entreprises allemandes dont les brevets ont fait l'objet d'une licence ont augmenté leurs efforts de R-D dans les domaines concernés par ces licences. En moyenne, ces entreprises ont déposé 89% de brevets supplémentaires après 1919 dans les domaines concernés par ces licences.

Pris dans leur ensemble, les résultats des études de cas de Moser et Voena (2012) et de Baten, Bianchi et Moser (2017) mettent en évidence un net effet positif transfrontières des licences obligatoires sur l'invention, tant dans le pays qui octroie les licences que dans le pays des inventeurs dont les brevets font l'objet de licences. Il convient toutefois de souligner que ces résultats concernent le cas exceptionnel où

le portefeuille de brevets de tout un pays fait l'objet de licences dans le cadre d'une économie de guerre. On en sait très peu sur les effets sur l'innovation de formes plus limitées de concession de licences obligatoires plus conformes à la pratique actuelle.

Dans l'économie numérique, la protection de la PI prend la forme de brevets, de marques déposées et de droits d'auteur, de protections juridiques contre le contournement des mesures de protection technologiques ou le retrait des informations relatives à la gestion des droits numériques (voir l'analyse figurant à la section D du rapport 2018a de l'OMC) et, de plus en plus, de secrets commerciaux (Baker McKenzie, 2017). La complexité des produits qui utilisent les technologies numériques a conduit à l'apparition de maquis de brevets, définis par Shapiro (2000) comme « un réseau dense de droits de propriété intellectuelle à travers lequel une entreprise doit se frayer un chemin pour pouvoir commercialiser une nouvelle technologie ». Par exemple, on estime qu'un smartphone est protégé par 250 000 brevets (Wagner, 2015). En théorie, les maquis de brevets pourraient avoir pour effet pervers d'étouffer l'innovation. Cependant, sur un échantillon de 121 fabricants de logiciels cotés en bourse sur la période 1980-1999, Noel et Schankerman (2013) constatent qu'une plus grande fragmentation des droits de brevet est associée à une valeur plus basse sur le marché, mais à une activité de brevetage et de R-D plus importante.

Le droit d'auteur est plus important sur les marchés numériques car les produits numériques peuvent être copiés gratuitement (Goldfarb et Tucker, 2019). Plusieurs études ont été consacrées à la question de savoir quels effets les droits d'auteur ont sur la création de nouveaux produits culturels. L'histoire économique suggère que les droits d'auteur augmentent la qualité de la création (Giorcelli et Moser, à paraître). Les données concernant l'ère numérique, cependant, pointent dans la direction opposée. Waldfoegel (2012) montre que, tandis que la qualité de la musique a commencé à décliner au début des années 1990, ce déclin s'est arrêté, et la qualité pourrait même s'être améliorée, dans la décennie qui a suivi l'arrivée, en 1999, des copies gratuitement disponibles en ligne. Il explique ce résultat en relevant que les technologies numériques ont grandement réduit les coûts de création, de promotion et de distribution de la musique. En conséquence, les labels indépendants (dont les publications représentent une large part des albums les mieux notés par les critiques) jouent un rôle croissant dans l'industrie de la musique.³³ Des résultats similaires indiquant une augmentation de la qualité des produits culturels à l'ère numérique ont aussi été mis en évidence pour les livres (Waldfoegel et Reimers, 2015) et les films (Waldfoegel, 2016).

Le logiciel libre (voir la section C.2) est un bien numérique public pour lequel la protection de la PI sert à faire en sorte que le projet demeure non exclusif (Tirole, 2017). Par exemple, la licence publique générale de Linux : les utilisateurs peuvent librement copier, modifier et distribuer le logiciel, mais ils ne peuvent pas imposer de restrictions sur la distribution ultérieure, et ils doivent mettre le code source à disposition du public. Cela signifie qu'ils ont l'obligation de veiller à ce que la communauté bénéficie de toute version modifiée (Tirole, 2017).³⁴ Du fait de la nature non exclusive et non rivale du logiciel libre et de la disponibilité immédiate du nouveau code en ligne, des contributions libres de haute qualité peuvent être adoptées rapidement.

Le logiciel libre a apporté nombre de contributions importantes à l'innovation numérique. Comme exposé plus haut dans la présente sous-section, les données sont un intrant essentiel de l'innovation numérique. Avec l'accumulation de mégadonnées au fil du temps, les méthodes d'extraction et d'analyse de données reposant sur l'intelligence artificielle requièrent des superordinateurs, des serveurs et une infrastructure en nuage. En 2019, l'ensemble des 500 superordinateurs les plus rapides du monde, 96,3% du million de principaux serveurs du monde et 90% de l'infrastructure en nuage utilisaient le système d'exploitation libre Linux.³⁵

(d) Développer et attirer le capital humain

Le capital humain favorise la croissance économique par l'intermédiaire de deux mécanismes (Cinnirella et Streb, 2017). Premièrement, le capital humain peut être envisagé comme un facteur de production qui augmente la productivité pour un degré de technologie donné – voir par exemple la contribution de Mankiw, Romer et Weil (1992), qui présentent une fonction dans laquelle la production est déterminée par le capital physique, le capital humain et le travail effectif (compte tenu de la technologie). Deuxièmement, le capital humain est un intrant du processus d'innovation – voir par exemple le modèle de progrès technique endogène de Romer (1990). Dans ce second mécanisme, des niveaux plus élevés de capital humain conduisent à la création ou à la diffusion de nouvelles technologies ou à la mise en œuvre plus efficace d'une technologie donnée, repoussant ainsi la frontière des possibilités de production.

L'innovation est presque exclusivement le fait de personnes ayant reçu une éducation formelle. Shambaugh, Nunn et Portman (2017) constatent que les titulaires de brevets sont considérablement plus éduqués que le reste de la population : aux États-Unis, 27% de la population est titulaire d'un diplôme universitaire de premier cycle, contre plus de 90%

des titulaires de brevets. Les auteurs montrent aussi que l'activité de brevetage de haute qualité (dépôt du brevet auprès d'au moins deux bureaux) est presque exclusivement le fait de personnes titulaires de diplômes de deuxième cycle. Le pourcentage de détenteurs de brevets triadiques (des brevets déposés auprès de l'Office des brevets et des marques des États-Unis, de l'Office japonais des brevets et de l'Office européen des brevets) titulaires d'un doctorat, d'un diplôme de médecine ou d'un diplôme équivalent est de 45%, et 70% des détenteurs de brevets triadiques sont au moins titulaires d'un diplôme de deuxième cycle (master). Seuls 23% d'entre eux n'ont qu'un diplôme de premier cycle, et – contrairement au stéréotype de l'inventeur/entrepreneur qui a abandonné ses études – seuls 7% n'ont pas fait quatre années d'études supérieures sanctionnées par un diplôme. De plus, le niveau d'instruction des innovateurs s'est accru avec le temps.

Les diplômés en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques représentent le type de capital humain qui semble le plus important pour les activités d'innovation (telles que mesurées par les brevets) (Romer, 2001). Shambaugh, Nunn et Portman (2017) indiquent que les secteurs qui emploient des travailleurs spécialisés dans ces domaines, comme celui des équipements de télécommunication, produisent davantage de brevets, même si certaines variations d'un secteur à l'autre sont associées au fait que tous n'ont pas la même propension à utiliser de préférence le mécanisme des brevets pour protéger leur PI. Autor *et al.* (à paraître) montrent que ce phénomène gagne en ampleur avec le temps : les industries informatique et électronique, qui emploient une grande partie des travailleurs spécialisés en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques, ont vu leur production de brevets s'accroître entre 1975 et 2007. En revanche, les industries chimique et pharmaceutique, qui emploient une bien moindre part de spécialistes de ces domaines, n'ont constaté que peu, voire pas, d'augmentation de leur activité de brevetage.

Dans plusieurs pays, on redoute que le système scolaire ne produise pas suffisamment de diplômés en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques pour soutenir l'innovation (Bianchi et Giorcelli, 2019).³⁶ En 2012, les Conseillers du Président des États-Unis pour la science et la technologie (PCAST) ont annoncé que le pays « aurait besoin d'environ un million de professionnels des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques de plus qu'il n'en produirait sur les dix années à venir ». Pour y remédier, il faudrait « augmenter d'environ 34% par an, par rapport aux chiffres actuels, le nombre de titulaires d'un diplôme de premier cycle dans ces domaines ».

Les sous-sections précédentes traitaient du rôle des universités comme productrices du type de capital humain qui stimule l'innovation. Bianchi et Giorcelli (2019) peuvent apporter des éclaircissements supplémentaires. Elles étudient une réforme de 1961 qui a assoupli les critères d'inscription dans les formations en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques en Italie, ce qui a plus que doublé le nombre d'étudiants de première année dans ces domaines en huit ans, et la relie à une hausse des activités d'innovation, particulièrement dans les secteurs de la chimie, de la médecine et des technologies de l'information. Cependant, elles constatent aussi que l'accès aux études scientifiques a fait augmenter les possibilités d'emploi à des postes bien rémunérés où l'accent n'était pas mis sur la production de brevets.

Ce dernier résultat est conforme à ceux obtenus par Carnevale, Smith et Melton (2011), qui affirment (pour les États-Unis) que la hausse de la demande relative de spécialistes en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (qui était plus importante que la hausse de leur offre relative, ce qui a entraîné une hausse des salaires de ces travailleurs) s'est produite dans de nombreux secteurs, y compris hors du domaine des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques. En particulier, Carnevale, Smith et Melton (2011) constatent que dans tous les grands domaines d'activité sauf deux, le taux de croissance de la demande de compétences scientifiques clés a augmenté bien plus rapidement que la croissance de l'emploi. Ils en concluent que la demande croissante de compétences scientifiques permet, et encourage, le détournement des étudiants et travailleurs qui possèdent ces compétences.³⁷

(i) *Le rôle des migrations internationales*

Un capital humain de grande qualité peut être produit au niveau national (par le système scolaire), mais aussi importé (par une immigration permanente ou semi-permanente). Les États-Unis ont traditionnellement été très attractifs pour les immigrants qualifiés. Shambaugh, Nunn et Portman (2017) indiquent que, si les immigrants ne représentent que 18% de la main-d'œuvre américaine âgée de 25 ans ou plus, ils représentent 26% de la main-d'œuvre dans les domaines scientifiques, 28% des détenteurs de brevets de haute qualité et 31% des titulaires d'un doctorat. Dans les autres pays anglophones comme le Canada, l'Irlande et le Royaume-Uni, la part des immigrants titulaires d'un diplôme de troisième cycle est plus élevée que la part de nationaux titulaires d'un diplôme équivalent (voir la figure C.4).

Comme le montre la figure C.5, dans un ensemble de 63 pays développés et en développement, on

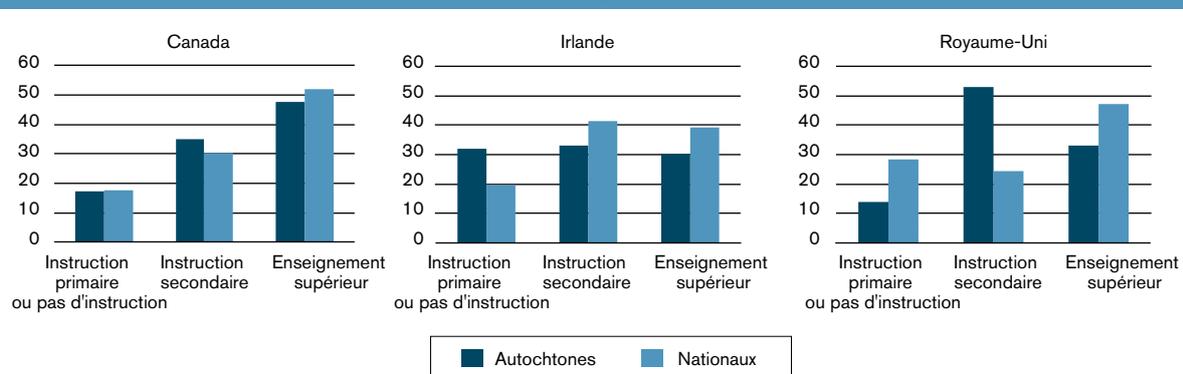
observe une corrélation inconditionnelle positive entre la population d'immigrants hautement qualifiés au niveau du pays et la part des brevets concernant les TIC par rapport à l'ensemble des brevets. Cela suggère que les immigrants hautement qualifiés contribuent positivement à l'innovation dans le cadre de l'économie de la connaissance. La suite de la présente sous-section analyse les données empiriques disponibles sur le lien entre migration et innovation.

De nombreuses recherches sont consacrées à l'importance nette de l'innovation découlant de l'immigration de personnes hautement qualifiées. De même que les éléments concernant les effets de l'immigration sur le marché du travail, les éléments concernant ses effets sur l'innovation sont débattus, au moins pour les États-Unis. Comme indiqué par Kerr *et al.* (2016), les études considérant les variations spatiales à long terme concernant l'immigration hautement qualifiée aboutissent souvent à des résultats cohérents avec l'idée que les immigrants stimulent l'innovation et la productivité.³⁸ Toutefois, d'autres études suggèrent que les immigrants remplacent surtout les nationaux, pour un bénéfice net nul.³⁹ Dans le cas des pays européens, on dispose d'éléments plus clairs montrant que la diversité nationale a une incidence positive nette sur l'innovation.⁴⁰ Les conclusions générales de Kerr *et al.* (2016) et de Bloom, Van Reenen et Williams (2019) sont que les immigrants hautement qualifiés stimulent l'innovation et la productivité.

Deux approches sont généralement utilisées pour attirer des immigrants hautement qualifiés vers les pays développés. La première consiste à utiliser un système à points, qui classe les personnes en fonction de caractéristiques observables qui reflètent leurs compétences (formation, compétences linguistiques, expérience professionnelle, emploi actuel). L'Australie et le Canada utilisent ce type de systèmes fondés sur l'offre. La seconde approche consiste à utiliser un système reposant sur les employeurs, dans lequel les entreprises sélectionnent des travailleurs qualifiés pour les faire venir dans le pays. Les visas américains H1-B et L1 sont le principal exemple de ce système fondé sur la demande. Comme l'indiquent Kerr *et al.* (2016), les deux systèmes ont des avantages et des inconvénients et, en pratique, la plupart des politiques migratoires des pays développés comprennent des éléments des deux systèmes. Czaika et Parsons (2017) proposent une analyse empirique fondée sur l'attractivité, en utilisant des données annuelles bilatérales (i.e. origine et destination) sur les flux de main-d'œuvre hautement qualifiée pour dix destinations dans l'OCDE entre 2000 et 2012. Ils concluent que les systèmes à

Figure C.4 : Dans certains pays, les immigrants ont un niveau d'instruction plus élevé que les nationaux

Proportion de nationaux ou d'immigrants n'ayant reçu aucune instruction ou une instruction primaire, ayant reçu une éducation secondaire et ayant reçu une éducation supérieure, 2010 (immigrants) et 2011 (nationaux)

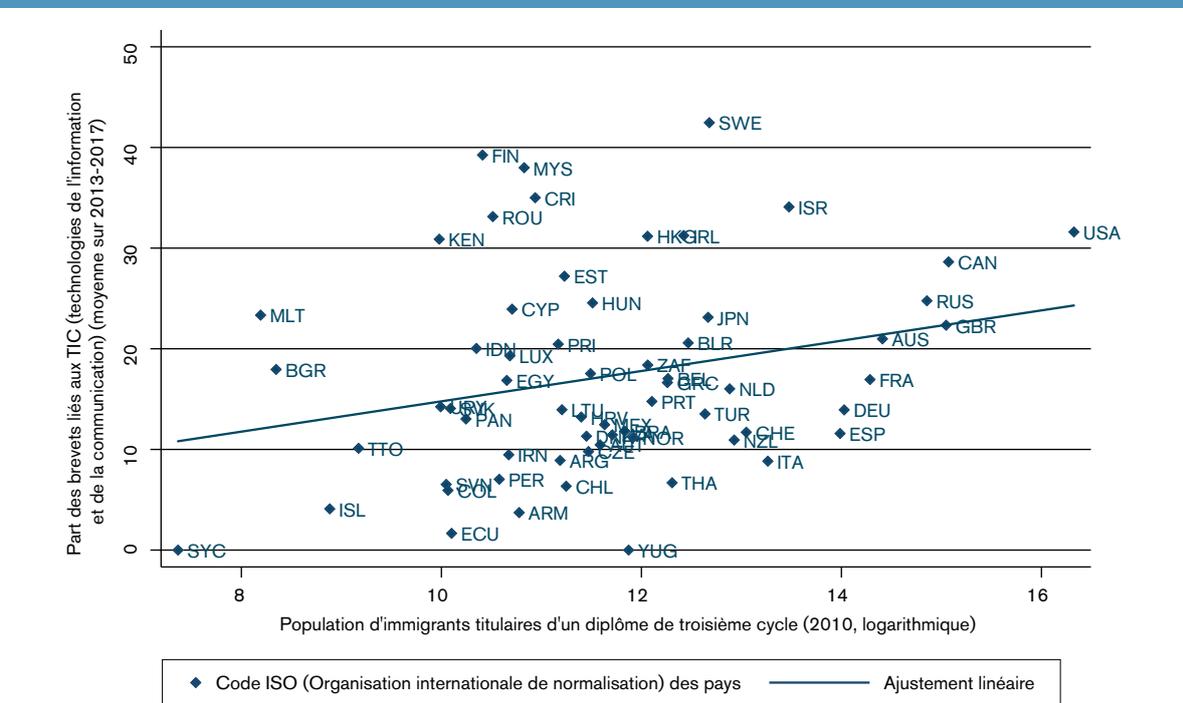


Source : Établi par les auteurs à partir des données de la Base de données sur les immigrants dans les pays de l'OCDE (DIOC) pour les immigrants, et de l'Institut de Statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) pour les nationaux.

Notes : Instruction primaire ou pas d'instruction : Classification internationale type de l'éducation (CITE) 0-2. Instruction secondaire : CITE 3-4. Enseignement supérieur : CITE 5-6. Les données concernent le cycle de l'année 2010 (qui s'étend de 2005 à 2014) pour les immigrants, et l'année 2011 pour les autochtones. Les données pour les immigrants concernent des personnes âgées de 15 ans ou plus. Les données pour les nationaux concernent des personnes âgées de 25 ans ou plus.

Figure C.5 : La part des brevets liés aux TIC est corrélée positivement à la population d'immigrants hautement qualifiés

Corrélation entre la part des brevets liés aux TIC sur l'ensemble des brevets (moyenne sur 2013-2017, ordonnée) et la population d'immigrants titulaires d'un diplôme de troisième cycle (2010, échelle logarithmique, abscisse)



Source : Établi par les auteurs à partir des données de l'OCDE sur les brevets et des données de la Base de données sur les immigrants dans les pays de l'OCDE (DIOC) pour les immigrants.

Notes : La part des brevets liés aux TIC est exprimée sous forme de pourcentage, comme la part des brevets dans le secteur des TIC sur le total des demandes de brevets déposées au titre du Traité de coopération en matière de brevets par le pays de résidence de l'inventeur. Enseignement supérieur : Classification internationale type de l'éducation (CITE) 5-6. Les données concernant les immigrants portent sur le cycle de l'année 2010 (qui s'étend de 2005 à 2014).

Par Emily J. Blanchard,
Professeure associée, Tuck School of Business,
Université de Dartmouth, États-Unis.

L'éducation et la santé comme politique industrielle

Le capital humain est l'un des moteurs les plus importants de la croissance économique et du développement industriel à long terme (Hanushek, 2013; Hanushek et Woessmann, 2011; Jones, 2014), mais il est souvent négligé dans les débats concernant la politique industrielle. Alors que les gouvernements et les milieux d'affaires cherchent comment stimuler la croissance économique, les mesures ciblées prennent souvent le pas sur des investissements de base dans l'éducation et la santé. C'est une erreur.

Ce sont les gens qui alimentent la croissance économique. La capacité de production d'une économie dépend de la vitalité, des compétences et de la capacité d'innovation de sa population. L'absence d'éducation limite les possibilités de chacun d'imaginer, créer et réaliser les produits d'aujourd'hui et de bâtir les industries de demain. Sans soins de santé, les sociétés n'ont ni la capacité de produire ni l'envie de consommer les biens et services qui constituent l'épine dorsale de l'industrie. La crise de la COVID-19 a démontré de façon implacable le rôle essentiel de la santé publique dans l'économie mondiale moderne. Dans le même temps, la pandémie a mis en lumière le fait que l'éducation, en particulier scientifique, du plus grand nombre était un facteur essentiel du succès des pays dans la lutte contre le virus. Aucune industrie ne peut prospérer longtemps sans les piliers que représentent l'éducation et la santé publiques.

L'éducation et la santé ne sont pas seulement des prérequis pour

le succès économique. Ce sont aussi des moteurs essentiels pour repousser les frontières de la croissance, en particulier dans les secteurs hautement innovants et à haute valeur ajoutée de l'économie qui dépendent des capacités cognitives et de la créativité de la population active (Ciccone et Papaioannou, 2009). Dans nombre de tels secteurs, des cercles vertueux peuvent apparaître : l'investissement dans le capital humain peut renforcer la capacité concurrentielle mondiale des industries à forte valeur ajoutée d'un pays. La croissance de ces industries ouvre davantage de possibilités d'emploi et peut inciter les plus jeunes travailleurs à enrichir leur éducation et leurs compétences, puis à davantage investir dans le capital humain, renforçant encore la position concurrentielle du pays à l'avenir (Atkin, 2016; Bajona et Kehoe, 2010; Blanchard et Olney, 2017). Même des investissements de faible ampleur dans le capital humain peuvent avoir un rendement économique important avec le temps.

Un autre avantage important de l'investissement dans le capital humain est qu'il n'exige pas que les pouvoirs publics prennent des paris risqués sur l'avenir d'une industrie en particulier. Il est notoirement difficile de "miser sur le gagnant" et, bien trop souvent, des politiques industrielles pleines de bonnes intentions visent finalement le mauvais bénéficiaire, gaspillant ainsi de précieuses ressources fiscales qui, rétrospectivement, auraient été mieux employées ailleurs. En revanche, l'investissement dans le

capital humain renforce la ressource la plus importante et la plus flexible d'un pays – ses travailleurs – qui sera naturellement attirée par les secteurs les plus dynamiques, à condition que le marché du travail soit flexible et transparent et que les possibilités d'éducation soient largement partagées. La flexibilité de la main-d'œuvre joue aussi un rôle essentiel lorsque les temps sont difficiles : des travailleurs en meilleure santé et plus éduqués sont plus aptes à s'adapter aux chocs négatifs et aux changements inattendus de l'économie mondiale. La résilience économique dépend de façon critique de l'adaptabilité des travailleurs, qui elle-même dépend de la santé de ceux-ci, de la santé publique, d'une éducation de haute qualité pour tous et de l'accès à l'apprentissage tout au long de la vie.

Enfin, mais c'est le plus important, les investissements dans le capital humain sont des investissements "deux en un". Non seulement les investissements dans l'éducation et la santé stimulent la croissance économique, mais ils contribuent aussi directement à la prospérité des individus et de la société. Le but ultime du développement économique est de rendre service à l'humanité. En tant que moteurs essentiels du dynamisme économique et de la résilience, mais aussi comme déterminants fondamentaux du progrès humain, l'éducation et la santé sont parmi les investissements les plus vitaux et les plus rentables que peut faire un pays.

points sont beaucoup plus efficaces pour attirer et sélectionner les immigrants hautement qualifiés que les systèmes qui requièrent des offres d'emploi, un examen des besoins du marché du travail et des listes de pénurie de main-d'œuvre. Ils montrent aussi que certaines dispositions d'accords bilatéraux, comme celles concernant la reconnaissance de diplômes ou la sécurité sociale, font aussi augmenter le niveau de qualification des immigrants.⁴¹

En s'appuyant sur l'enquête nationale sur les diplômés de l'enseignement supérieur, Hunt (2011) montre que les immigrants qui sont entrés aux États-Unis sur un visa d'étudiant ou de stagiaire (par exemple F-1, J-1, H-3) ou un visa de travail temporaire (par exemple H-1B, L-1, J-1) ont un avantage important par rapport aux nationaux en ce qui concerne le dépôt de brevets, la commercialisation ou l'obtention de licences et la rédaction d'ouvrages ou d'articles destinés à être publiés ou présentés à des conférences. Ses résultats suggèrent un classement de la contribution brute des groupes d'immigrants selon leur statut à leur arrivée aux États-Unis : postdoctorants, internes en médecine, étudiants de deuxième cycle, titulaires d'un visa de travail temporaire, étudiants à l'université, autres étudiants ou stagiaires, résidents permanents, personnes à charge de titulaires de visas temporaires, autres titulaires de visas temporaires.

Attirer des immigrants hautement qualifiés est aussi un objectif important dans plusieurs pays en développement. On dispose toutefois de peu d'éléments sur les effets de ces politiques. En Asie du Sud-Est, par exemple, il existe des éléments montrant un effet positif de l'immigration de main-d'œuvre qualifiée sur la productivité du secteur manufacturier malaisien, mais aucun qui montre que le fait d'employer davantage de travailleurs qualifiés étrangers a un quelconque effet sur l'innovation ou les dépenses de R-D en Thaïlande (voir les études analysées par Testaverde *et al.*, 2017). En Amérique latine, le programme Start-Up Chile paye des entrepreneurs étrangers pour passer six mois dans le pays afin de bâtir un réseau mondial de compétences. Ce programme a été couronné de succès, car il finance entre 200 et 250 nouvelles entreprises chaque année, et le Chili a lancé d'autres programmes similaires (Kerr *et al.*, 2016). Dans une évaluation des zones économiques spéciales du Panama, Hausmann, Obach et Santos (2016) constatent que les immigrants ont un niveau d'instruction plus élevé, ont plus de chances d'être des entrepreneurs, travaillent dans des branches de production plus complexes et perçoivent des salaires plus élevés que les nationaux. Ils mettent en évidence des retombées positives de l'immigration sur les nationaux, sous

la forme d'une relation positive entre la part de salariés immigrants et la productivité des employés panaméens dans une branche d'activité et un secteur géographique particuliers. Les auteurs concluent que les zones économiques spéciales du Panama fonctionnent comme des canaux qui permettent non seulement le déplacement de personnes d'un pays à l'autre, mais aussi le transfert de connaissances techniques.

Dans les pays en développement, l'innovation et sa diffusion ont plus de chances d'être influencées par l'émigration que par l'immigration de personnes hautement qualifiées. Les diasporas peuvent aboutir à un gain net pour les pays d'origine des migrants (voir Docquier et Rapoport, 2012; Parsons et Winters, 2014 pour des analyses approfondies). L'encadré C.5 traite en particulier des effets que les diasporas peuvent avoir sur l'innovation dans les pays d'origine des émigrants.

(e) Réglementation de la concurrence

Certains économistes ont postulé que la relation entre innovation et concurrence évolue selon une courbe en cloche (Aghion *et al.*, 2005). Dans ce cadre, si le niveau de concurrence est faible, davantage de concurrence stimulerait l'innovation, tandis que s'il est élevé, davantage de concurrence entraverait l'innovation.

Des recherches empiriques récentes montrent toutefois que si la concurrence a un effet sur l'innovation, il s'agit d'un effet positif.⁴² Federico, Morton et Shapiro (2020) avancent que l'idée d'un rapport entre concurrence et innovation matérialisé par une courbe en cloche n'est valide ni empiriquement, ni théoriquement. Ils arguent qu'une intensification de la concurrence, au sens d'une plus grande contestabilité des ventes futures, conduit sans ambiguïté à davantage d'innovation. Cela est dû au fait que sur un marché contestable, les ventes futures seront remportées par l'entreprise la plus innovante – qu'il s'agisse d'un opérateur historique ou d'un concurrent qui vient le déstabiliser. En conséquence, tant les leaders du marché (y compris un opérateur historique dominant) que ceux qui viennent les concurrencer sont encouragés à innover afin de capter les ventes futures sur les marchés contestables. Il en découle qu'une politique de la concurrence favorable à l'innovation empêche « les leaders actuels du marché d'utiliser leur position dominante pour désamorcer des menaces futures, que ce soit en acquérant des concurrents potentiels ou en utilisant des tactiques anticoncurrentielles pour les exclure » (Federico, Morton et Shapiro, 2020).

Encadré C.5 : Diasporas, circulation des cerveaux et innovation dans les pays d'origine des émigrants

L'émigration de scientifiques et d'ingénieurs a longtemps été considérée comme une menace pour le potentiel d'innovation de leurs pays d'origine, qui subiraient une perte de capital humain éduqué localement ou "fuite des cerveaux". Plusieurs axes de recherche sont consacrés aux divers mécanismes de compensation par lesquels l'innovation peut se produire dans les pays d'origine des émigrants ou s'y diffuser grâce au "flux circulaire des talents" (ou "circulation des cerveaux").

Premièrement, les réseaux d'inventeurs originaires du même pays peuvent contribuer à stimuler la diffusion de l'innovation dans leur pays d'origine. Kerr (2008) constate que les chercheurs non basés aux États-Unis ont tendance à citer des chercheurs basés aux États-Unis originaires de leur propre pays 30 à 50% plus fréquemment que les chercheurs basés aux États-Unis originaires d'autres pays. Cela est cohérent avec un rôle positif joué par les "expatriés pionniers" dans l'adaptation des technologies étrangères de pointe dans la production locale.

Agrawal *et al.* (2011) parviennent toutefois à des conclusions différentes. Ils montrent que la probabilité qu'un brevet soit cité par des inventeurs indiens est plus vraisemblablement influencée par des effets de colocalisation (i.e. le fait qu'au moins un des titulaires du brevet cité soit en Inde) que par des effets liés à la diaspora (i.e. le fait qu'au moins un des titulaires du brevet cité soit un Indien vivant à l'étranger). Ils parviennent à la conclusion que – à l'exception du cas des inventions de grande valeur – les technologies seraient davantage assimilées si les travailleurs hautement qualifiés restaient dans leur pays plutôt que d'émigrer.

Dans un registre similaire, Breschi, Lissoni et Miguélez (2017) montrent que l'effet "gain de cerveaux" (les inventeurs d'origine étrangère résidant aux États-Unis qui sont cités de façon disproportionnée par les inventeurs de leur pays d'origine) existe pour la Chine et la Russie, mais pas pour l'Inde.

Deuxièmement, les inventeurs qui émigrent pourraient faciliter la conduite d'activités innovantes (R-D et dépôt de brevets) dans leurs pays d'origine. Comme le montrent Kerr et Kerr (2018), entre 1982 et 2004, la part de la R-D menée par les ramifications à l'étranger d'entreprises américaines est passée de 6 à 14% (voir aussi Branstetter, Li et Veloso, 2014). Pendant la même période, la part des brevets déposés par des équipes internationales (i.e. des brevets pour lesquels au moins un inventeur travaille hors des États-Unis et au moins un autre travaille aux États-Unis) est passée de 1 à 6% des brevets déposés par des entreprises publiques américaines entre 1982 et 2004.

Miguélez (2018) étudie le rôle des diasporas comprenant des personnes hautement qualifiées dans l'apparition d'équipes internationales d'inventeurs. Il constate que la collaboration internationale dans les activités de brevetage, sous la forme de tandems entre pays développés et en développement est corrélée positivement avec le nombre d'inventeurs qui ont émigré d'un pays vers l'autre. Foley et Kerr (2013) étudient les effets que les innovateurs nés hors des États-Unis ont sur les activités des filiales étrangères des entreprises multinationales américaines. Ils constatent que, lorsque l'innovation réalisée par des inventeurs venus d'un pays en particulier augmente, cette augmentation est associée à une hausse des investissements et des innovations dans le pays de ces inventeurs, et à une diminution des activités conjointes avec les entreprises locales.

Troisièmement, les émigrants qui reviennent dans leur pays d'origine peuvent y jouer un rôle important dans l'innovation. Liu *et al.* (2010) exploitent un ensemble de données concernant environ 1 300 entreprises situées dans le parc scientifique de Zhongguancun (Beijing, Chine). Le fait qu'une entreprise soit détenue par une personne revenue d'émigration et la densité de personnes revenues d'émigration dans le secteur d'activité concerné ont une influence positive sur l'activité de brevetage, mesurée par le nombre de brevets déposés par chaque entreprise au SINO (l'Office chinois des brevets). De la même manière, sur un échantillon de plus de 800 entreprises chinoises du secteur du photovoltaïque, entre 1998 et 2008, Luo, Lovely et Popp (2017) montrent que les chefs d'entreprise qui ont étudié ou suivi une formation dans un pays avancé ont une influence positive sur l'activité de dépôt de brevets. La recherche montre également que les entrepreneurs chinois revenus d'émigration contribuent à promouvoir l'innovation par des entreprises géographiquement proches de celles où ils sont employés (Filatotchev *et al.*, 2011; Luo, Lovely et Popp, 2017).

Encadré C.5 : Diasporas, circulation des cerveaux et innovation dans les pays d'origine des émigrants (suite)

Dans le cas de l'Inde, Nanda et Khanna (2010) constatent que les entrepreneurs qui étaient membres de l'Association nationale des entreprises de logiciels et de services et avaient vécu hors d'Inde par le passé avaient plus de chance de faire jouer leurs liens avec l'étranger lorsqu'ils vivaient hors des principaux centres d'activité dans le domaine du logiciel. Choudhury (2016) étudie la question de savoir si les personnes revenues d'émigration facilitent la production de connaissances par les employés locaux travaillant pour eux dans des lieux géographiquement éloignés. En utilisant des données concernant 1 315 employés du centre de R-D indien d'une entreprise de technologie, il constate que les travailleurs locaux dont les responsables sont d'anciens expatriés déposent davantage de brevets auprès de l'Office des brevets des États-Unis que ceux dont les responsables sont toujours restés dans le pays.

Dans les pays où la "fuite des cerveaux" est importante, cependant, les effets du retour des émigrants sur l'innovation ou sa diffusion sont au mieux modestes. En s'appuyant sur des données d'enquête concernant les Tonga, les États fédérés de Micronésie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, le Ghana et la Nouvelle-Zélande (des pays avec une "fuite des cerveaux" importante par rapport à leur groupe géographique ou leur groupe de revenus), Gibson et McKenzie (2012) constatent que les anciens émigrants n'ont que marginalement plus de chances de participer à la diffusion des connaissances, en particulier vers les entreprises, que les non-émigrants.

Dans l'ensemble, il existe des preuves que la migration est un facteur important d'innovation et de diffusion de l'innovation dans la plupart des pays d'origine des émigrants. Toutefois, comme l'ont mis en avant Carlino et Kerr (2015) et Kerr *et al.* (2017), davantage de recherches sont nécessaires pour comprendre les effets relatifs des différentes formes de migration, y compris l'émigration permanente vers un autre pays, les voyages d'affaires réguliers d'un lieu à l'autre (qui, d'après Hovhannisyan et Keller (2014), qui ont étudié les voyages d'affaires depuis les États-Unis vers l'étranger, ont un effet positif sur l'innovation dans les pays concernés) ou les migrations de retour.

Les éléments concernant les effets de la réglementation de la concurrence sur l'innovation sont assez rares, mais étayent en général l'hypothèse d'un effet positif.

Premièrement, des études ont montré, tant pour les pays développés que pour les pays en développement, que la réglementation du marché d'un produit ou d'un service réduisait l'intensité ou l'efficacité de la R-D dans le même secteur ou dans les secteurs en aval.⁴³

Deuxièmement, il existe des éléments montrant que l'application de la législation sur la concurrence pourrait renforcer l'innovation. Koch, Rafiquzzaman et Rao (2004) observent des effets positifs des réglementations antitrust sur l'intensité de la R-D dans d'anciens pays du G-7. Büthe et Cheng (2017) constatent que le fait pour un pays de disposer d'une législation substantielle et significative sur la concurrence a des effets (mesurés par le nombre de demandes de brevet) positifs sur l'innovation selon les analyses réalisées à partir de données transversales et de données de panel pour l'OCDE et les pays en développement. De manière plus

convaincante, Watzinger *et al.* (à paraître) analysent les effets potentiels de la concession de licences obligatoires utilisée pour lutter contre les pratiques anticoncurrentielles sur le développement de l'innovation.⁴⁴ Ils exploitent une ordonnance d'expédient de 1956 rendue à la suite d'une action en justice menée contre Bell (une entreprise américaine d'équipement de télécommunications) en vertu de la législation antitrust, forçant Bell à accorder, sans redevance, des licences sur tous ses brevets existants, y compris ceux qui n'étaient pas liés aux télécommunications. Watzinger *et al.* (à paraître) montrent que cette décision a conduit à une augmentation à long terme de l'innovation, mais seulement sur les marchés extérieurs à l'industrie des télécommunications. En revanche, aucun effet n'a été observé sur le secteur des télécommunications, où Bell a continué d'exclure ses concurrents. Cela prouve que la concession de licences obligatoires peut efficacement remédier aux pratiques anticoncurrentielles sur des marchés contestables.

Troisièmement, plusieurs études montrent que la suppression des obstacles à l'entrée sur le marché favorise l'innovation. Dans le secteur pharmaceutique,

Grossmann (2013) constate que la déréglementation de l'entrée sur le marché augmente l'intensité des activités de R-D. Dans le domaine des technologies numériques, Gruber et Koutroumpis (2013) analysent les effets des changements de réglementation qui ont introduit sur le marché le dégroupage partiel de la boucle locale (LLU) – une forme de technologie qui permet à plusieurs fournisseurs d'accès d'utiliser un seul réseau de téléphonie. En étudiant un échantillon de 167 pays développés et en développement sur la période 2000-2010, ils apportent des preuves du fait que le dégroupage total et, dans une encore plus large mesure, le dégroupage partiel, ont un effet positif sur l'adoption des télécommunications à large bande.

De même, Nardotto, Valletti et Verboven (2015) examinent les effets de la réglementation sur l'infrastructure à large bande sur la pénétration de la large bande au Royaume-Uni. Ils observent une forte – quoique hétérogène selon les lieux – augmentation de la progression du dégroupage au Royaume-Uni entre 2005 et 2009. Sur la même période, la pénétration de la large bande a plus que doublé. La progression du dégroupage n'a contribué que dans les premières années à de plus hauts niveaux de pénétration sur le marché, tandis que la concurrence entre les plates-formes (à partir de l'accès par câble) a eu un effet positif tout au long de la période étudiée. Toutefois, les marchés locaux où le dégroupage était arrivé avaient une bande passante (une mesure de la qualité du service) bien plus importante que ceux où ce n'était pas le cas.

Enfin, Molnar et Savage (2017) montrent qu'aux États-Unis, les connexions Internet sont souvent plus rapides sur les marchés où il y a deux ou plusieurs fournisseurs d'accès à Internet que sur ceux où il n'y en a qu'un seul.

Pour les pays en cours de développement, les obstacles à l'entrée sur le marché sont relativement moins nocifs à mesure que l'on s'éloigne de la frontière technologique (Acemoglu, Aghion et Zilibotti, 2006). Cela est dû au fait que l'adoption et l'adaptation de technologies existantes n'impliquent pas d'opérer une sélection importante en faveur des entrepreneurs les plus qualifiés. De plus, un potentiel entrepreneur pionnier dans un pays en développement qui souhaiterait adapter une technologie étrangère existante au marché local, soit un processus d'autodécouverte, pourrait être plus encouragé à innover en présence d'obstacles à l'entrée sur le marché qu'en leur absence.

Ces arguments s'accompagnent d'un bémol important. L'intervention des pouvoirs publics sous

la forme de politiques limitant la concurrence sur le marché des produits, entre autres, peut être utile uniquement pour améliorer la répartition des ressources à court terme, mais peut avoir à long terme des conséquences négatives, y compris faire tomber l'économie dans le piège du revenu intermédiaire, ce qui l'empêcherait de jamais atteindre la frontière technologique mondiale (Acemoglu, Aghion et Zilibotti, 2006).

(f) Créer un environnement favorable à l'innovation

La présente sous-section analyse un ensemble de politiques qui contribuent à créer un environnement favorable à l'innovation. Elle examine en premier lieu les politiques visant à mettre en place et entretenir des infrastructures de télécommunications. De telles politiques sont cruciales pour l'innovation, en particulier l'innovation numérique, car l'accès au réseau à large bande est un élément essentiel de la fonction d'innovation. Les effets des politiques favorisant la concentration de l'activité économique sont analysés en deuxième lieu. Enfin, les politiques favorisant l'exposition à l'innovation dans l'enfance sont examinées, ainsi que les raisons pour lesquelles de telles politiques sont susceptibles d'avoir un effet important sur l'innovation en permettant à des individus talentueux de devenir inventeurs, même s'ils viennent de groupes défavorisés d'un point de vue socioéconomique.

(i) *Politiques relatives aux infrastructures de télécommunications*

Les TIC contribuent de façon significative à la productivité, l'efficacité et la croissance économiques (Sharafat et Lehr, 2017). L'accès à un réseau à large bande haut débit fiable, complet et abordable est essentiel pour permettre à ces contributions de prendre forme, et il est susceptible de devenir un facteur central de la compétitivité à l'ère numérique, ainsi qu'indiqué dans le rapport 2018a de l'OMC. Yi (2013) constate que, pour 21 pays de l'OCDE, un meilleur accès à large bande confère un avantage comparatif dans les secteurs où l'activité est moins routinière. Les activités d'innovation, et en particulier d'innovation numérique, comprennent par nature de nombreuses tâches non routinières. L'accès au réseau à large bande est véritablement un élément essentiel de la fonction d'innovation. En conséquence, seuls les pays (ou les lieux à l'intérieur d'un pays) qui ont accès à un réseau à large bande haut débit fiable, complet et abordable seront en mesure de contribuer à l'innovation, en particulier dans le monde numérique.

(ii) Politiques visant à favoriser la concentration de l'activité

Les activités d'innovation, y compris la R-D, les investissements en capital-risque et le dépôt de brevets, sont géographiquement concentrées (Carlino et Kerr, 2015). Cette concentration des activités d'innovation est en grande partie due aux mêmes forces qui déterminent la concentration géographique de l'activité économique (voir l'encadré B.2) : partage des intrants communs, alignement des marchés du travail locaux et diffusion des connaissances.⁴⁵ Selon Madaleno *et al.* (2018), l'effet de partage découle de la mise en commun des équipements, des locaux, etc.; l'effet d'alignement découle du réseautage, ou la création de liens entre pairs, qui aide à trouver des partenaires; et la diffusion des connaissances passe par les interactions entre pairs, le mentorat ou le réseautage. Pour ce qui est du côté négatif, l'agglomération peut aussi générer des déséconomies d'échelle, par exemple si la diffusion des connaissances aboutit à une pensée de groupe et au vol d'idées dans des environnements où le secret peut être difficile à conserver (Madaleno *et al.*, 2018). L'effet net sur l'innovation est toutefois positif, comme le montre le fait que les activités d'innovation sont bien plus concentrées que l'activité économique générale.

Dans les économies de la connaissance, les « pôles technologiques » (Kerr et Robert-Nicoud, 2019) ou les « parcs scientifiques » (Liang *et al.*, 2019) jouent un rôle croissant dans l'accueil des entreprises de haute technologie. En l'absence d'interventions ciblées, de tels pôles apparaissent lorsqu'un équilibre s'établit compte tenu des éléments suivants : diffusions de connaissances fortement localisées, coûts de création d'entreprises élevés, main-d'œuvre qualifiée abondante ou faibles coûts de transport (Liang *et al.*, 2019). De surcroît, la proximité de facteurs de production de l'innovation fixes, tels que des universités réputées et des laboratoires dotés de financements publics, est un élément important pour l'attractivité d'un lieu et son devenir en tant que pôle d'innovation. Les accidents de l'Histoire (y compris le lieu où des découvertes décisives ont été faites, ou le lieu d'installation des entreprises phares) et les prophéties autoréalisatrices (Krugman, 1991) ont aussi leur importance.⁴⁶

Les politiques de colocalisation visant à encourager les entreprises de haute technologie à s'installer dans des accélérateurs, des incubateurs ou des parcs scientifiques à haute densité sont de plus en plus populaires.⁴⁷ Il existe toutefois peu de preuves empiriques sur lesquelles elles peuvent s'appuyer. Chatterji, Glaeser et Kerr (2014) relèvent que, parmi

les trois pôles les plus connus aux États-Unis (la Silicon Valley, la Route 128 à Boston et le Research Triangle Park), seul le troisième était manifestement le produit d'une planification au niveau de l'État. Hochberg (2016) étudie quelques tentatives d'évaluer si les accélérateurs américains ont bien un effet positif sur le devenir des entreprises qui participent à leurs programmes, avec des résultats mitigés. Gonzalez-Urbe et Leatherbee (2017) examinent les effets de Start-Up Chile, un accélérateur visant à stimuler la création de start-up en proposant des injections de capitaux sans attribution d'actions, des espaces de travail partagés et la possibilité d'intégrer un sous-programme exclusif similaire à une « école d'entrepreneuriat ». Ils ne trouvent pas d'éléments indiquant que les services de base des accélérateurs (injection de capitaux et espaces de travaux partagés) aient un effet sur les levées de fond, la taille ou la survie des entreprises.

À l'inverse, la combinaison des services de base des accélérateurs et de formations à l'entrepreneuriat aboutit à des levées de fonds et à une échelle (nombre d'employés) significativement plus importantes. Pour les États-Unis, on dispose d'éléments montrant que les accélérateurs ont un effet positif sur la région (indépendamment de leurs effets sur le petit nombre d'entreprises qui participent à leurs programmes) : les zones statistiques métropolitaines des États-Unis qui accueillent un accélérateur affichent des différences significatives en termes d'attraction de capital-risque initial (capital d'amorçage et capital de départ) par rapport à celles qui n'en accueillent pas (Fehder et Hochberg, 2014).

Dans le cas des parcs scientifiques, des éléments montrent qu'ils ont un effet direct sur l'innovation. En particulier, deux études analysées par Madaleno *et al.* (2018) constatent que la colocalisation dans les parcs scientifiques fait augmenter les activités de dépôt de brevet dans les différents secteurs et d'un secteur à l'autre des entreprises du parc. La Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) (2019) indique en outre que, dans les 156 zones de développement de haute technologie installées en Chine à la fin de 2017, la part des dépenses de R-D par rapport à la valeur totale de production était de 6,5%, soit trois fois la moyenne de l'économie nationale. Les brevets déposés par des entreprises installées dans ces zones représentent 46% de tous les brevets accordés à des entreprises dans le pays.

L'expérience des zones de développement de haute technologie chinoises suggère que les zones économiques spéciales pourraient jouer un rôle de soutien de l'innovation dans l'économie numérique.

À l'heure actuelle, il n'y a toutefois pas de preuve systématique des effets des zones économiques spéciales sur l'innovation, et encore moins dans le secteur numérique.

(iii) *Politiques visant à favoriser l'exposition individuelle à l'innovation*

La plupart des individus talentueux ne deviennent de toute façon pas inventeurs, pour des raisons liées aux environnements dans lesquels ils ont grandi. Bell *et al.* (2019) montrent qu'aux États-Unis, les enfants nés dans des familles ayant de faibles revenus, les femmes et les minorités ont beaucoup moins de chances de connaître le succès en tant qu'inventeurs. Ils apportent des éléments indiquant que les différences en termes d'innovation entre individus ayant des caractéristiques différentes à la naissance ne sont pas dues à des différences héréditaires de talent ou de préférence qui les pousseraient ou non à consacrer leur carrière à l'innovation. Il s'agit au contraire de différences d'exposition à l'innovation dans l'enfance, que ce soit par l'intermédiaire de la famille ou de l'entourage. Selon Bell *et al.* (2019), augmenter l'exposition à l'innovation des enfants qui excellent en mathématiques et en sciences dès le plus jeune âge, mais qui viennent de groupes sous-représentés, peut avoir des effets importants sur l'ensemble de l'innovation. Ils estiment que si les femmes, les minorités et les enfants issus de familles à faibles revenus inventaient autant que les hommes blancs issus de familles à hauts revenus (i.e. quintile supérieur), le nombre total d'inventeurs dans l'économie américaine quadruplerait.

Les résultats de Bell *et al.* (2019) suggèrent que des politiques visant à augmenter l'exposition à l'innovation auraient potentiellement un important effet sur l'innovation. De telles politiques, selon eux, pourraient passer par le mentorat par des inventeurs, ou des programmes de stages dans des entreprises locales. Puisque ce sont les enfants talentueux nés dans des familles à faibles revenus, les femmes et les minorités qui sont les plus susceptibles de devenir ces « Einstein perdus », Bell *et al.* (2019) suggèrent en outre que diriger ces programmes d'exposition vers les femmes, les personnes appartenant à des minorités et les enfants nés dans des familles à faibles revenus qui excellent en mathématiques et en sciences dès le plus jeune âge pourra probablement renforcer l'impact de ces personnes sur l'innovation.

(g) Incidence globale des politiques d'innovation

La plupart des recherches empiriques sur les déterminants de l'innovation ne traitent pas des effets

globaux des politiques d'innovation. Comme indiqué ci-dessus, lorsqu'on évalue les effets de certaines politiques d'innovation, comme les crédits d'impôt au titre de la R-D, il conviendrait de tenir compte du fait que ces politiques peuvent simplement entraîner une relocalisation vers des zones géographiques où les incitations fiscales sont plus généreuses. Une telle relocalisation peut s'effectuer dans le même pays ou dans un autre pays – une question qui est plus amplement traitée dans la section C.4.

Il existe relativement peu d'études sur les effets des politiques d'innovation sur le bien-être global. Sollaci (2020) enquête sur les effets de la dispersion spatiale des crédits d'impôt au titre de la R-D aux États-Unis. Le fait d'augmenter la concentration géographique de l'innovation dans des lieux hautement productifs a d'un côté pour effet d'augmenter le taux de croissance de l'économie, et de l'autre de réduire les investissements individuels des entreprises dans la R-D en raison d'un taux plus élevé de « destruction créatrice » (i.e. une innovation plus rapide, en raison de laquelle de nouveaux produits et processus remplacent ceux qui sont dépassés). De manière empirique, Sollaci (2020) constate que le fait de supprimer la variation spatiale des crédits d'impôt au titre de la R-D aux États-Unis générerait une baisse du bien-être, ce qui suggère que les États des États-Unis qui offrent les crédits les plus importants sont en fait ceux qui sont comparativement meilleurs en matière de production d'innovation. Il constate aussi, toutefois, que le bien-être pourrait être encore davantage amélioré grâce à une distribution optimale des crédits d'impôt au titre de la R-D.

La diffusion des connaissances est un élément déterminant des effets globaux qu'auront les politiques d'innovation sur le bien-être global. Atkeson et Burstein (2019) estiment que les changements dans l'intensité d'innovation d'une économie impliquent des coûts fiscaux annuels relativement modestes à long terme, représentant 1,1% du PIB. Selon la modification, les changements correspondants en termes de bien-être vont de 1,7 à 20% de la consommation globale. Le taux le plus faible (1,7%) est obtenu dans un scénario où il existe un vol de marché (i.e. l'entrée sur le marché d'une alternative moins chère contraint les opérateurs historiques à cesser la production d'un produit) et où la diffusion intertemporelle des connaissances (i.e. la diffusion des connaissances qui se fait au cours du temps) est faible, tandis que le taux le plus élevé (20%) est obtenu dans le cas d'un scénario sans vol de marché et avec une importante diffusion intertemporelle des connaissances. Il convient de noter que, même en supposant qu'il y ait vol de marché, les politiques d'innovation impliquant des coûts fiscaux annuels

à long terme représentant 1,1% du PIB feraient progresser le bien-être de 7,3% avec une importante diffusion intertemporelle des connaissances. Ces résultats montrent une fois de plus l'importance de la diffusion des connaissances découlant de l'innovation (pour des conclusions similaires, voir aussi Atkeson, Burstein et Chatzikonstantinou, 2019).

Au-delà des effets globaux sur le bien-être, une autre question importante lorsqu'on évalue les effets globaux d'une politique d'innovation est de savoir comment celle-ci affecte les inégalités au sein d'un pays.⁴⁸

Comme expliqué dans le rapport de l'OMC (2017a), le progrès technologique peut favoriser certains groupes de travailleurs en fonction de leurs qualifications ou des tâches qu'ils exécutent. L'innovation numérique est un exemple typique de changement technique biaisé en faveur des compétences, car les technologies numériques sont utilisées de manière plus intensive par les travailleurs qualifiés que par les travailleurs non qualifiés. Elle tend en outre à être biaisée contre les emplois routiniers dans la mesure où elle réduit la demande de tâches routinières.

En général, les travailleurs exécutant des tâches cognitives non routinières tendent à voir progresser leurs perspectives d'emploi et leurs rémunérations; ceux qui exécutent des tâches routinières (manuelles et cognitives) tendent à voir diminuer leurs perspectives d'emploi et leurs rémunérations; et ceux qui exécutent des tâches manuelles non routinières tendent à voir leurs perspectives d'emploi augmenter mais leur rémunération diminuer car des travailleurs moyennement qualifiés exécutant des tâches routinières sont remplacés et commencent à les concurrencer pour les emplois manuels non routiniers disponibles (rapport de l'OMC, 2017a). La polarisation des marchés du travail en termes de perspectives d'emploi et de rémunération qui en résulte est une source d'inégalité qui peut (au moins en partie) être due à l'innovation numérique.

De surcroît, il a été dit à plusieurs reprises dans le présent rapport qu'en présence d'externalités de réseau et de verrouillage technologique, des dynamiques de type « le gagnant rafle tout » sont susceptibles d'apparaître. Les gains découlant de l'innovation, s'ils sont nécessaires pour inciter à innover et compenser le coût de l'innovation, ont tendance à être surtout attribués aux investisseurs et aux hauts responsables et moins aux travailleurs de base, ce qui augmente les inégalités de revenus (Guellec et Paunov, 2017). Conformément à cette observation, Aghion *et al.* (2019a) constatent que,

d'un État des États-Unis à l'autre et d'un marché de l'emploi local à l'autre, l'innovation a un effet positif sur les hauts revenus. Cependant, elle ne fait pas progresser les inégalités globales. Cela est dû au fait que l'innovation, en particulier lorsqu'elle est le fait de nouveaux venus, est associée à une mobilité sociale.⁴⁹

En revanche, le lobbying visant à empêcher l'entrée sur le marché d'un innovateur extérieur diminue à la fois les effets de l'innovation entrante sur les hauts revenus et ses effets sur la mobilité sociale. En s'appuyant sur ces résultats, Aghion *et al.* (2019a) font l'hypothèse que, contrairement à l'innovation, le lobbying devrait être positivement corrélé avec des inégalités importantes, et négativement corrélé avec la mobilité sociale. Cela montre une fois de plus l'importance, non seulement pour l'innovation, mais aussi pour prévenir le développement de davantage d'inégalités, de l'importance des réglementations mentionnées plus haut et visant à garantir que les leaders actuels des marchés n'empêchent pas l'entrée sur le marché de concurrents innovants au moyen de prises de contrôle préventives ou d'autres tactiques anticoncurrentielles.

4. Effets transfrontières des politiques d'innovation

Un aspect important des politiques d'innovation dans le contexte du commerce est qu'elles ont souvent un impact sur d'autres pays. Ces retombées sont en partie fondées sur les facteurs mêmes qui justifient la politique d'innovation sur le plan économique, allant des externalités de connaissance aux liens intersectoriels, mais il y a également des externalités additionnelles telles que la concurrence pour des ressources limitées.

La présente sous-section examine les principaux effets transfrontières de l'innovation (sections C.4 a) à C.4 e)) puis analyse les changements qui pourraient se produire pour ces externalités à l'ère numérique (section C.4 f)). Elle se termine par une discussion des effets transfrontières globaux potentiels de la politique d'innovation et de la manière dont la politique peut être conçue pour réduire au minimum les retombées négatives sur les autres pays (section C.4 g)).

L'un des principaux messages de ce chapitre est que les externalités transfrontières peuvent être à la fois positives et négatives. Par exemple, les savoirs créés dans un pays ont tendance à bénéficier à d'autres pays en raison de leur diffusion dans l'espace au cours du temps. Par contre, les incitations à l'innovation peuvent attirer le capital humain et physique dans

un autre pays, ce qui peut nuire à l'innovation dans le pays d'origine. Il importe aussi de souligner que les externalités transfrontières peuvent être causées à des degrés divers par presque tous les instruments de politique examinés dans le présent rapport, de la politique commerciale à la politique fiscale ou même la politique éducative. Il est crucial de comprendre quels instruments maximisent les retombées positives et réduisent au minimum les retombées négatives pour bien concevoir une politique d'innovation. Cela nous amène au message final essentiel : l'absence de publications de qualité dans ce domaine rend difficile de donner des conseils et fait ressortir la nécessité de futurs travaux de recherche.

(a) Externalités de connaissance et diffusion des technologies

Deux des externalités transfrontières les plus analysées sont les externalités de connaissance et la diffusion des technologies. La théorie de la croissance endogène indique que l'innovation ne se fonde pas uniquement sur les intrants privés du processus d'innovation mais aussi sur le fonds des connaissances accessibles au public qui ont été générées dans le cadre d'investissements de R-D réalisés précédemment dans le monde entier (Grossman et Helpman, 1991; Romer, 1990). Il s'agit de la formalisation de la notion bien connue des « nains juchés sur des épaules de géants ».

L'idée est qu'une fois qu'une innovation a été faite, elle peut inspirer et accélérer les innovations suivantes. En conséquence, la politique d'innovation menée par un pays peut bénéficier à l'activité d'innovation de tous les autres pays, car elle accroît le stock mondial de connaissances. En outre, la politique d'innovation a des retombées, par le biais de la création de technologies qui diffusent au niveau mondial et facilitent le rattrapage technologique et l'innovation pour les pays qui ne se situent pas à la frontière technologique. De nombreux travaux remontant à Coe et Helpman (1995) confirment cette théorie et l'existence d'externalités de connaissance. Ces publications ont fait l'objet d'un examen plus détaillé dans la section C.3 a).

Une branche de la littérature apparentée étudie d'autres types de retombées régionales et d'effets d'agglomération de la politique industrielle et de la politique en matière d'innovation. Ces effets comprennent, par exemple, la mise en commun de la main-d'œuvre lorsque des mesures attirent des travailleurs qualifiés vers une région, ou des liens entre demande et offre locales lorsqu'une politique fait que les fournisseurs et les clients de secteurs ciblés s'établissent dans la région visée. Il existe

notamment des éléments de preuve selon lesquels les subventions d'équipement, telles que les aides à l'investissement, bénéficient à l'investissement et à l'emploi régionaux mais pas à la productivité (Cerqua et Pellegrini, 2017). Pour les ZES, des retombées régionales positives, y compris des augmentations de la productivité et des investissements en capital humain, ont aussi été constatées pour des régions voisines et des villes plus lointaines (Alder, Shao et Zilibotti, 2016).

Bien que ces publications portent principalement sur les retombées régionales internes, les constatations sont aussi pertinentes pour les externalités transfrontières, car de nombreuses régions économiques s'étendent au-delà des frontières nationales, par exemple les régions des Grands Lacs en Afrique (Burundi, Kenya, Malawi, Ouganda, République démocratique du Congo, Rwanda et Tanzanie) et en Amérique du Nord (États-Unis et Canada). Plus généralement, les retombées régionales sont toujours susceptibles d'avoir une incidence sur les pays voisins si elles visent des régions du pays qui interviennent proches de la frontière.

(b) Politique gouvernementale stratégique

Une deuxième externalité transfrontières bien connue se produit dans le contexte de marchés imparfaitement concurrentiels, tels que les oligopoles. Si les marchés ne sont pas parfaitement concurrentiels, les entreprises peuvent en tirer des rentes ou des bénéfices. Autrement dit, elles peuvent fixer des prix supérieurs aux coûts marginaux. Si seules quelques entreprises de différents pays interviennent sur un marché, ces entreprises se partagent ces rentes. Dans une telle situation, différents instruments de politique, tels que les subventions ou les droits de douane, peuvent faire passer la rente d'un producteur situé dans un pays à un producteur d'un autre pays, ou permettre davantage d'entrées dans le pays qui interviennent. On appelle généralement cela une politique commerciale stratégique et cela constitue un autre fondement théorique de la protection des industries naissantes.

L'idée qui sous-tend la politique commerciale stratégique est que les entreprises règlent leur production ou fixent leurs prix de façon stratégique, en tenant compte de la production ou des prix de leurs concurrents étrangers. Les pays peuvent limiter les ventes des entreprises étrangères ou stimuler les ventes des entreprises nationales au moyen de différents instruments, des subventions à l'exportation ou à la R-D aux droits d'importation. Le mécanisme est le suivant : l'intervention des pouvoirs publics permet à l'entreprise nationale d'entrer sur

le marché ou de baisser ses prix et d'augmenter sa production. Cela amène les entreprises étrangères à limiter stratégiquement leur production pour protéger leur marge bénéficiaire. De fait, l'intervention des pouvoirs publics fait passer les bénéfices tirés de ces ventes nouvelles ou additionnelles des producteurs étrangers aux producteurs nationaux et accroît ainsi le bien-être national au détriment du bien-être étranger (Brander et Spencer, 1985; Spencer et Brander, 1983).

L'application de politiques commerciales stratégiques a été observée dans divers contextes. Parmi les principaux exemples figurent le marché des avions civils gros porteurs (Baldwin et Flam, 1989; Baldwin et Krugman, 1988), le marché automobile en ce qui concerne les contraintes à l'exportation volontaires (Krishna, Hogan et Swagel, 1994; Venables, 1994) ou le marché des semi-conducteurs (Baldwin et Krugman, 1986). Les résultats de ces exercices de simulation sont souvent très variables selon choix des paramètres, mais ils diffèrent généralement de la plupart des modèles commerciaux en ce qu'ils plaident plutôt en faveur d'une certaine forme d'intervention de politique commerciale qu'en faveur du libre-échange. Toutefois, dans nombre de ces analyses, d'autres instruments de politique, tels que les subventions à la production, sont préférables car ils supposent de moindres coûts pour les consommateurs (Brander, 1995).

(c) Concurrence pour des ressources limitées

Une externalité transfrontières connexe se produit sous l'action d'une concurrence pour des ressources ou facteurs de production limités. Si la politique d'innovation attire ces facteurs de production, que ce soit le capital humain, l'investissement ou toute autre ressource, cela peut fortement limiter l'offre de ces facteurs dans d'autres pays. De même, si une politique empêche l'exportation de ces ressources, elle limite leur disponibilité à l'étranger. Cet effet se fait particulièrement ressentir pour les facteurs de production très rares. Il existe par exemple des éléments de preuve selon lesquels les politiques fiscales sont importantes pour attirer les inventeurs ayant les brevets les plus renommés. Des estimations indiquent une élasticité de 1 pour ces inventeurs étrangers « superstars » s'agissant des taux marginaux supérieurs de l'impôt sur le revenu (Akcigit, Baslandze et Stantcheva, 2016).

Il en va probablement de même dans les cas où les politiques de localisation des données de différents pays peuvent faire obstacle à l'innovation pour les entreprises qui ont des activités dans ces pays étant donné qu'elles

ne peuvent pas établir de connections transfrontières entre les données. Cela réduit l'innovation dans les pays où se situent les sièges sociaux des entreprises (Pepper, Garrity et LaSalle, 2016).

Il est vraisemblable que les incitations fiscales qui attirent les sièges sociaux des sociétés ou les centres de recherches ont le même effet et qu'elles peuvent en outre nuire à l'économie nationale si elles sont trop généreuses (Bartik, 2018; OCDE, 1998). Par exemple, il a été constaté dans une étude qui portait certes sur la concurrence fiscale interne entre États des États-Unis, que les crédits d'impôt accordés au titre de la R-D au niveau des États avaient favorisé les innovations locales, quoique dans une large mesure en détournant les dépenses de R-D d'autres États des États-Unis, ce « chacun pour soi » entraînant des effets préjudiciables pour les autres (Wilson, 2009). Ce type d'externalité transfrontières a aussi récemment fait la une en raison du débat autour des incitations offertes par plusieurs États des États-Unis à Amazon en échange pour son second siège social (Parilla, 2017).

(d) Effets liés à l'offre et à la demande

Un autre mécanisme engendrant des retombées transfrontières repose sur les effets liés à l'offre et à la demande. La politique d'innovation peut accroître la compétitivité des producteurs nationaux sur les marchés mondiaux. Cela peut abaisser les prix mondiaux et aboutir à une situation d'offre excédentaire de produits aux dépens des concurrents étrangers mais au profit des consommateurs étrangers.

Par exemple, si un pays soutient la politique d'innovation dans un secteur donné, les pays qui ont un avantage comparatif dans ce secteur peuvent subir une dégradation des termes de leurs échanges car la politique d'innovation déprime les prix dans le secteur (Samuelson, 2004). Toutefois, le caractère multilatéral du commerce peut constituer un mécanisme d'assurance naturel contre cet effet, car ce qui importe dans un monde globalisé c'est d'avoir un avantage comparatif vis-à-vis du monde et non d'un quelconque pays individuel. À ce propos, une étude sur le progrès technologique de la Chine dans des secteurs dans lesquels les États-Unis avaient un avantage comparatif a montré que le progrès technologique soutenu par la politique d'innovation chinoise augmentait le bien-être des États-Unis (di Giovanni, Levchenko et Zhang, 2014).

Les effets liés à l'offre ont pour contrepartie ceux liés à la demande. Les politiques d'innovation couronnées de succès accroissent le revenu national, ce qui aboutit généralement à une hausse de la demande d'importations. Cela fait augmenter les prix mondiaux

au profit des producteurs étrangers mais au détriment des consommateurs étrangers. D'autres mesures visant l'innovation, comme les prescriptions relatives à la teneur en éléments locaux ou les droits d'importation, réduisent la demande de produits étrangers et portent ainsi préjudice aux producteurs étrangers.

Bien que les effets transfrontières liés à l'offre qu'ont les politiques industrielles et les politiques en matière d'innovation sur des secteurs tels que celui de l'acier ou des cellules solaires dominent le discours public, les éléments de preuve empiriques concernant l'ampleur et l'impact de ces externalités sont rares. Cela n'est peut-être pas surprenant, étant donné la difficulté qu'il y a à établir l'existence de liens de causalité clairs s'agissant des effets des politiques d'innovation au niveau national. Suivre en outre les effets transfrontières de ces politiques complexifie encore l'exercice et rend les estimations très imprécises.

Deux études récentes sur les effets liés à l'offre dans le contexte des subventions accordées au secteur de la construction navale et des subventions à l'exportation font exception. L'étude portant sur la construction navale constate que les subventions accordées au secteur au milieu des années 2000 ont entraîné une redistribution très inefficace de la production au niveau mondial, de producteurs à bas coût à des producteurs à coût élevé, ce qui n'a engendré que des gains minimes pour les consommateurs (Kalouptsi, 2018). Par contre, des éléments de preuve fondés sur une réduction des subventions estimées accompagnées de prescriptions relatives à la part des exportations dans tous les secteurs de 2000 à 2013 donnent à penser que ces subventions ont eu des effets positifs sur le bien-être à l'étranger tout en nuisant au bien-être national. Les effets ont principalement été causés par des modifications des prix à la consommation, les consommateurs étrangers ayant accès à des produits meilleur marché alors que les consommateurs nationaux n'ont pas tiré profit des subventions à l'exportation (Defever et Riaño, 2015). Dans le contexte des réponses politiques apportées à la COVID-19, les retombées en matière d'offre et de demande joueront probablement aussi un grand rôle (voir l'encadré C.6).

(e) Liens intersectoriels

Enfin, les externalités transfrontières examinées ici peuvent être multipliées et amplifiées par les liens intersectoriels. Certaines branches d'activité fournissent des intrants essentiels pour d'autres branches. La politique d'innovation visant ces secteurs peut par ses effets sur le prix et la disponibilité des intrants profiter ou nuire aux industries situées en aval du monde entier.

Par exemple, les contingents d'importation devraient réduire la compétitivité des secteurs en aval en augmentant les prix des intrants, alors que les subventions à la production nationale ou les primes devraient renforcer la compétitivité des secteurs en aval en diminuant les prix des intrants. De même, la politique d'innovation visant les industries en aval peut influencer sur les industries situées en amont du monde entier en modifiant la demande concernant leurs produits.

À l'ère des CVM, l'importance des liens intersectoriels transfrontières s'est fortement accrue. Dans le même ordre d'idées, des études de plus en plus nombreuses ont fait une estimation de la manière dont les effets du commerce et de la politique commerciale diffèrent si on prend correctement en compte ces liens (Bacchetta et Stolzenburg, 2019; Caliendo et Parro, 2015; Lee et Yi, 2018). Elles suggèrent généralement que ces liens transfrontières sont économiquement significatifs en tant que transmetteurs internationaux de la politique intérieure. Une étude sur les politiques ciblant les secteurs de l'acier de 22 pays sur la période allant de 1975 à 2000 donne des éléments de preuve explicites à l'appui de cette idée. Elle constate que ces politiques nuisent aux résultats à l'exportation des branches de production nationales situées en aval, particulièrement dans le cas des pays en développement, car elles augmentent les prix des intrants et la concentration du marché (Blonigen, 2016). Il est raisonnable de supposer que ces effets négatifs affectent également les clients internationaux de ces secteurs de l'acier. La pandémie de COVID-19 a intensifié les appels à la relocalisation de la chaîne d'approvisionnement afin d'assurer la livraison de biens essentiels (voir l'encadré C.7).

(f) Externalités transfrontières à l'ère numérique

Les externalités transfrontières vont probablement s'intensifier à l'ère numérique pour plusieurs raisons.

Premièrement, comme on l'a vu dans la section B, les industries numériques comme celle des TI ont une forte intensité de connaissances et représentent une part croissante des dépenses de R-D et des brevets. Cela signifie que les externalités de connaissance devraient augmenter alors que les économies connaissent des modifications pour adopter une structure fondée sur le savoir.

Deuxièmement, du fait de la nature de nombreuses industries fondées sur le numérique, le gagnant rafle la mise, ce qui aboutit à une forte concentration des marchés. Cette structure de marché et les bénéfices

Encadré C.6 : Effets transfrontières des réponses à la COVID-19 dans le domaine de l'innovation

Les réponses à la COVID-19 auront probablement des externalités transfrontières importantes allant dans le sens de ce qui est analysé dans cette section. Avant tout, le soutien à la recherche accordé à l'industrie pharmaceutique et à d'autres entités participant à la mise au point de vaccins et de tests sérologiques a en même temps des retombées positives en matière de connaissances et, en favorisant à terme une reprise plus rapide de l'économie, d'importants effets positifs sur la demande au niveau mondial. Par exemple, le COVID-19 Genomics UK Consortium, financé par le Royaume-Uni, a entamé une collaboration avec le réseau canadien de génomique COVID (RCanGéCO), financé par le Canada, afin de faciliter les externalités de connaissance (Génome Canada, 2020). De même, dans le hackathon #EUvsVirus récemment organisé par le Conseil européen de l'innovation en vue de stimuler l'innovation liée à la COVID-19, trois équipes sur les six équipes gagnantes comptaient des membres de quatre pays ou plus (Commission européenne, 2020).

Des politiques budgétaires de grande portée qui bénéficient à l'innovation et à la recherche entre autres secteurs stimulent aussi l'offre et la demande intérieures et, par conséquent, soutiennent l'offre et la demande étrangères. Des analyses de la grande récession de 2008 et 2009 et à d'autres périodes de contraction montrent que les politiques budgétaires expansionnistes aident à contenir les récessions, non seulement au niveau national mais aussi à l'étranger (Auerbach et Gorodnichenko, 2013). En ce qui concerne la crise actuelle, les investissements dans l'infrastructure numérique, qui contribuent au soutien de l'offre et de la demande aujourd'hui et faciliteront les échanges et la coopération internationale demain, sont à cet égard importants.

Par contre, les restrictions à l'exportation des fournitures médicales peuvent ralentir l'innovation médicale à l'étranger en limitant l'accès aux fournitures et intrants nécessaires à la recherche et en augmentant leur prix. Selon un récent rapport, 72 Membres de l'OMC et 8 pays non Membres ont imposé des restrictions concernant l'exportation de fournitures médicales (OMC, 2020d).

Les pays sont aussi en concurrence pour des ressources limitées comme les entreprises qui évoluent à la frontière technologique dans le domaine du développement de vaccins. Ces types de jeux à somme nulle génèrent, par définition, des externalités transfrontières négatives. Les réponses au niveau des politiques apportées à la Grande Récession sont aussi utiles quand il s'agit d'éviter des retombées négatives, car nombres de ces réponses comportaient des prescriptions relatives à la teneur en éléments locaux ou des conditions d'admissibilité liées à la nationalité qui limitaient les retombées positives en matière de demande et donc l'utilité des interventions (Larch et Lechthaler, 2011). Ces approches devraient être évitées dans la réponse à la crise actuelle.

Les liens intersectoriels internationaux multiplieront les effets de toute réponse face à la COVID-19. Des études récentes soulignent la manière dont les effets des politiques d'arrêt des activités se propagent par les CVM aux partenaires commerciaux (Gerschel, Martinez et Mejean, 2020; Sforza et Steininger, 2020). Ces liens ont accéléré la diffusion de la contraction initiale de l'offre et de la demande, mais ils permettront aussi que les réponses apportées par les pouvoirs publics pour neutraliser la contraction génèrent des retombées positives plus rapides et importantes en matière de demande et d'offre.

monopolistiques correspondants obtenus dans ces secteurs se prêtent à l'application de politiques commerciales stratégiques.

Troisièmement, et dans le même ordre d'idées, les externalités de réseau inhérentes aux industries fondées sur le numérique peuvent causer des effets liés à l'offre et à la demande et des effets de déplacement des bénéfices plus marqués parce qu'elles ne permettent qu'à très peu d'entreprises du marché de maximiser les avantages liés au

réseau pour les consommateurs. Cela peut conduire à la disparition soudaine d'entreprises autrefois dominantes, comme cela a été observé par exemple dans le cas d'Altavista, ou de concurrents locaux de Facebook.

Enfin, dans un contexte d'utilisation accrue des technologies numériques dans toutes les branches d'activité, le secteur des fournisseurs, comme ceux de matériel informatique ou électronique, devient de plus en plus essentiel en produisant des technologies

Encadré C.7 : La relocalisation est-elle la meilleure solution pour assurer l'approvisionnement en produits essentiels ?

La pandémie de COVID-19 a mis en lumière la nécessité d'assurer un approvisionnement en produits essentiels tels que les fournitures médicales et les équipements de protection individuelle (EPI). Le monde des entreprises et les décideurs ont intensifié leurs discussions sur le fait de réorganiser les chaînes d'approvisionnement mondiales afin d'assurer l'autosuffisance en ce qui concerne les biens essentiels.

Les appels à la réorganisation des chaînes d'approvisionnement avaient commencé avant même la pandémie de COVID-19, et un certain nombre de facteurs étaient à l'origine de cette tendance croissante. Premièrement, la hausse des salaires dans les pays émergents signifie que les écarts de salaires entre ces derniers et les pays développés se réduisent, ce qui conduit les entreprises à réagir en déplaçant la production vers des lieux plus rentables. Deuxièmement, les progrès technologique et l'automatisation permettent aux entreprises de localiser certains types de production plus près des marchés de consommation. Troisièmement, des changements dans l'environnement politique qui font augmenter les coûts du commerce et créent des incertitudes quant à la politique future entraînent une réorganisation des chaînes d'approvisionnement. Les appels à l'autosuffisance lancés à la suite de la pandémie de COVID-19 pourraient accélérer la tendance à la relocalisation et à la délocalisation proche des chaînes d'approvisionnement.

Pour assurer l'approvisionnement en produits essentiels en cas de pandémie, diverses options peuvent être envisagées. L'une d'elles consiste à établir une production nationale de biens essentiels, c'est-à-dire à relocaliser la chaîne d'approvisionnement. Bien qu'elle puisse garantir l'approvisionnement en temps de crise, la relocalisation risque d'avoir plusieurs inconvénients. Premièrement, seuls les pays les plus grands et les plus avancés sont susceptibles d'avoir la capacité de fabrication, les machines spécialisées et l'accès aux intrants nécessaires pour pouvoir être autosuffisants. Deuxièmement, alors que le commerce permet à la production de se réinstaller là où elle est la plus efficace et contribue à accroître l'accès à un plus grand nombre de marchandises à des prix abordables, les politiques de relocalisation pourraient entraîner des coûts élevés sous la forme de subventions publiques, d'obstacles à l'importation et de prix à la consommation plus élevés. En outre, l'autosuffisance ne garantit pas en elle-même une plus grande sécurité. Qui dit éliminer la dépendance à l'égard de la production et des intrants étrangers dit dépendre davantage de la production nationale, laquelle peut aussi subir des chocs défavorables (Bonadio *et al.*, 2020).

D'autres politiques pourraient consister à accroître les stocks, à diversifier les sources d'approvisionnement afin de ne pas dépendre d'un petit nombre de pays seulement, et à rendre les capacités de production flexibles, ce qui permettrait aux économies de commencer rapidement à produire des biens essentiels lorsque les besoins se font sentir. Les économistes font valoir que ces solutions de rechange sont plus rentables (Freund, 2020; Miroudot, 2020). Dans le cas des produits médicaux, le commerce international et les chaînes d'approvisionnement transfrontières ont pour effet non seulement d'accroître l'efficacité et de réduire les coûts, mais aussi de permettre la R-D à grande échelle pour la mise au point de nouveaux médicaments et de nouvelles technologies médicales (Stellinger, Berglund et Isakson, 2020).

La coopération internationale peut jouer un rôle important s'agissant d'aider les pouvoirs publics à assurer l'approvisionnement en produits essentiels en temps de crise. Les gouvernements peuvent coopérer pour recueillir et partager des informations sur les concentrations et goulets d'étranglement potentiels en amont et/ou pour mettre au point des tests de résistance pour les chaînes d'approvisionnement essentielles (Fiorini, Hoekman and Yildirim, 2020; OECD, 2020) Pour identifier les goulets d'étranglement dans les chaînes d'approvisionnement et les mesures à prendre pour y remédier, il faut une coopération entre secteur privé et gouvernement, ainsi qu'entre gouvernements. Les gouvernements pourraient aussi coopérer pour faciliter les échanges afin de garantir la continuité de la chaîne d'approvisionnement en EPI et en autres produits essentiels. La coopération internationale est également très importante en ce qui concerne la constitution de stocks de produits essentiels. La Commission européenne recommande que le stockage soit coordonné au niveau de l'UE et que toute constitution de stocks par les États membres soit effectuée au niveau national et pour des quantités modérées fondées sur des indications épidémiologiques (Commission européenne, 2020g).

Encadré C.7 : La relocalisation est-elle la meilleure solution pour assurer l'approvisionnement en produits essentiels ? (suite)

Par ailleurs, les progrès des technologies de l'information et de la communication (TIC) pourraient considérablement faciliter la gestion et la coordination de l'information tout au long des chaînes d'approvisionnement, réduisant ainsi le coût de la continuité des opérations. De nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle (IA) et l'Internet des objets (IdO) pourraient être utilisées pour optimiser la logistique des cargaisons et des envois et pour améliorer la conduite autonome et la planification d'itinéraires en temps réel, augmentant ainsi la visibilité des chaînes d'approvisionnement. Les chaînes de blocs et l'IA pourraient encore réduire les coûts de transaction et de mise en conformité et accroître la transparence des chaînes d'approvisionnement (Francisco et Swanson, 2018). La fabrication additive, ou impression 3D, pourrait permettre aux entreprises de convertir rapidement leur capacité de fabrication en faveur de nouveaux produits (OMC, 2018) – par exemple, pendant la pandémie de COVID-19, l'impression 3D a été utilisée pour fabriquer des écrans faciaux et des respirateurs (Statt, 2020). Ces technologies devraient permettre aux entreprises d'améliorer la visibilité tout au long des chaînes d'approvisionnement et d'accroître la résilience de ces chaînes sans les coûts traditionnels associés à la gestion des risques (Deloitte, 2020).

à usage général. Si ses résultats s'améliorent grâce aux politiques d'innovation adoptées dans un pays, cela peut avoir des effets positifs notables sur les industries basées sur les technologies numériques situées en aval du monde entier et compenser les effets négatifs que ces politiques pourraient avoir sur l'offre, tels qu'une surcapacité ou une dépression des prix.

(g) Évaluation globale des externalités transfrontières

Il est difficile d'évaluer si les externalités transfrontières des politiques d'innovation comportent des bénéfices nets ou des pertes nettes pour les pays étrangers, et cela dépend largement du contexte. Les différentes externalités ont des orientations différentes, et les différentes caractéristiques des pays, telles que leur part de marché dans les produits visés ou leur position dans les CVM, ont une incidence considérable. Par conséquent, les évaluations globales sont complexes et il y a très peu de travaux reconnus traitant du sujet. Une étude de calibration dans le contexte de l'Europe orientale et occidentale suggère, par exemple, que les retombées positives en matière de connaissances des subventions à la R-D sont plus importantes que les effets négatifs de déplacement des bénéfices, en particulier lorsqu'il existe des liens d'IED solides entre les pays concernés (Borota, Defever et Impullitti, 2019). On peut tirer des conclusions analogues de travaux de simulation qui montrent que les subventions coopératives ont tendance à être plus importantes que les subventions non coopératives dans certaines configurations, car cela donne à penser que les externalités positives des subventions à la R-D l'emportent sur les externalités négatives (voir, par exemple, Haaland et Kind, 2008).

Il convient donc de répéter que de nombreuses externalités transfrontières améliorent l'innovation, le bien-être et la productivité à l'étranger. Une évaluation complète des politiques d'innovation et de leurs conséquences pour la coopération internationale doit prendre en compte ces effets positifs pour obtenir des résultats équilibrés et efficaces.

Pour évaluer les effets nets, il est aussi nécessaire d'observer que les gouvernements adoptent des politiques visant à promouvoir ou à limiter les externalités transfrontières tant positives que négatives. Par exemple, les prescriptions relatives à la teneur en éléments locaux empêchent que les effets positifs liés à la demande bénéficient aux industries étrangères situées en amont. Les chapitres des accords internationaux portant sur la protection de la PI peuvent limiter les externalités de connaissance, tout comme les examens des fusions et acquisitions ou les critères d'admissibilité au bénéfice de subventions ou de marchés publics fondés sur la nationalité.

Un autre élément important pour comprendre les externalités transfrontières est que les différents mécanismes par lesquels les externalités transfrontières se produisent ne sont généralement pas spécifiques suivant les politiques. Autrement dit, le même type d'externalité peut être créé par diverses interventions des pouvoirs publics, même si son degré et sa nature varient. Des politiques aussi différentes que les droits d'importation et les lois antitrust peuvent les unes comme les autres causer toutes les externalités mentionnées – des externalités de connaissance aux effets liés à l'offre et à la demande – et les effets dominants dépendent des détails de ces mesures.

Par exemple, les subventions à la R-D accordées dans un pays ont tendance à créer des connaissances ayant des retombées sur d'autres pays et y favorisent les bonds technologiques et l'innovation originale (Moretti, Steinwender et Van Reenen, 2019). Mais les subventions à la R-D peuvent aussi servir à déplacer des bénéfices puisqu'elles facilitent l'entrée dans des secteurs à forte intensité de R-D (Spencer et Brander, 1983). En outre, elles ont des effets sur l'offre et la demande en ce qu'elles font augmenter à la fois l'offre de l'activité subventionnée et la demande pour les secteurs fournisseurs. Ces effets sont alors amplifiés par les liens transfrontières intrants/extrants, dès lors qu'il est avéré que les CVM favorisent de manière particulièrement efficace la diffusion des connaissances (Piermartini et Rubínová, à paraître).

De même, les droits d'importation, en protégeant les branches de production nationales, peuvent stimuler l'innovation nationale, avec des retombées pour les autres pays comme cela est indiqué dans la section C.3. Mais ils peuvent aussi servir à déplacer des bénéfices puisqu'ils réduisent la production des entreprises étrangères et accroissent l'entrée des entreprises nationales. Ils entraînent également des externalités transfrontières en réduisant la demande intérieure des branches de production nationales situées en aval qui subissent alors une hausse des prix des intrants, et ils ont des effets liés à l'offre en stimulant la production nationale destinée aux marchés mondiaux.

Des politiques moins évidentes, comme les politiques éducatives, peuvent aussi créer des externalités transfrontières, même si elles se produisent à long terme. Un transfert de fonds publics aux universités techniques peut, par exemple, augmenter au fil du temps la production des branches de production nationales dépendant de travailleurs ayant une formation technique, ce qui a d'importants effets liés à l'offre et, bien sûr, une politique éducative peut accroître les externalités de connaissance. La politique de la concurrence peut servir à favoriser les champions nationaux et à déplacer les bénéfices monopolistiques au-delà des frontières, mais elle peut également être utilisée pour stimuler l'innovation internationale en empêchant des prises de contrôle qui étouffent la concurrence. La politique fiscale, en particulier à l'ère numérique où les marchés sont fortement concentrés, peut, elle aussi, servir à déplacer les bénéfices au-delà des frontières, mais elle peut également être utilisée pour encourager l'innovation et promouvoir les externalités de connaissance.

Ces exemples montrent que, bien que des politiques très différentes puissent créer le même type d'externalité, il est néanmoins probable que certaines

politiques ont un impact plus fort sur certaines externalités que sur d'autres. De même, certaines politiques, comme les subventions à l'exportation, ont manifestement plus d'effets de distorsion des échanges que d'autres. En particulier, les mesures non spécifiques comme la politique éducative ou les aides à la recherche fondamentale sont vraisemblablement moins préjudiciables que des mesures plus directes et ciblées, au moins à court et à moyen terme. Les retombées négatives des mesures directes et ciblées devraient être moins importantes si ces dernières sont transparentes, limitées dans le temps et non discriminatoires, mais les travaux quantifiant ces différences sont peu abondants. Cela fait ressortir que les retombées de la politique industrielle et de la politique en matière d'innovation devraient faire l'objet de recherches prévisionnelles visant à guider les responsables politiques qui devront s'efforcer de réglementer les politiques de l'innovation et de négocier une coopération internationale dans ce domaine. Cela revêt une importance particulière du fait que des externalités comme le déplacement de bénéfices et la concurrence pour des ressources impliquent quelquefois un « dilemme du prisonnier », dans lequel un résultat coopératif génère un bien-être supérieur à celui que générerait l'élaboration unilatérale de politiques (Rodrik, 2020). Cela sera discuté plus en détail dans la section D.

5. Conclusions

Cette section a examiné les justifications et l'impact de la politique d'innovation. Les justifications de l'intervention de l'État dans le soutien de l'innovation incluent le caractère de bien public qu'ont les connaissances, les retombées sur l'ensemble de l'économie des technologies à usage général, les défaillances du marché s'agissant du financement de l'innovation, les problèmes de coordination dans les secteurs industriels complexes et les externalités de réseau.

Certaines de ces justifications sont particulièrement importantes dans le cas des innovations numériques pour plusieurs raisons : les mégadonnées présentent des caractéristiques de biens publics; les technologies numériques sont des technologies à usage général qui génèrent des bénéfices considérables dans l'ensemble de l'économie; les produits numériques sont complexes et pâtissent de problèmes de coordination; il y a des effets de réseau importants qui peuvent rendre nécessaires divers types d'actions des services publics allant de la lutte contre les comportements anticoncurrentiels à l'établissement de normes; et l'adoption de technologies numériques peut réaliser des objectifs de politique publique.

La panoplie des politiques de promotion de l'innovation est vaste. L'innovation et les politiques liées à l'innovation affectent les décisions des entreprises de mener des activités de R-D et d'innover par leur impact sur la taille des marchés, la productivité de la R-D, la possibilité de s'approprier les résultats de recherches et la structure des marchés de produits.

Cette section a examiné l'efficacité de politiques susceptibles de renforcer l'innovation qui relèvent de ces quatre catégories. Bien que les éléments de preuve empiriques actuellement disponibles ne permettent pas de répondre entièrement à la question de savoir quelles politiques comptent le plus, et encore moins celle de savoir quelles politiques sont les plus rentables pour faire progresser l'innovation numérique, les constatations de divers courants de la littérature existante fournissent des indications utiles. Il est important de retenir des travaux plus larges portant sur la politique industrielle et la politique en matière d'innovation que les interventions des pouvoirs publics devraient reposer sur des attentes raisonnables et devraient être adaptées aux avantages comparatifs statiques ou dynamiques des pays. Comprendre les déterminants de l'avantage comparatif à l'ère numérique est donc une condition préalable nécessaire à la réussite de la politique d'innovation.

Comme plusieurs autres politiques gouvernementales, la politique d'innovation peut avoir un impact sur d'autres pays. L'impact sur les pays tiers peut être positif, par exemple si les savoirs créés dans un pays bénéficient à d'autres pays en raison de leur diffusion dans l'espace au cours du temps. Mais il peut aussi être négatif, par exemple si une politique d'innovation menée sur des marchés imparfaitement concurrentiels déplace les bénéfices d'un pays à l'autre.

Les externalités transfrontières vont probablement s'intensifier à l'ère numérique, et ce pour plusieurs raisons : les externalités de connaissance ont davantage d'importance dans les économies fondées sur le savoir; du fait de la nature de nombreuses industries fondées sur le numérique, « le gagnant rafle la mise », ce qui aboutit à une forte concentration des marchés; et l'industrie du matériel informatique ou électronique, qui permet aux secteurs fondés sur le numérique de fonctionner, relève par nature d'une technologie à usage général.

Du fait des effets tant positifs que négatifs des politiques d'innovation sur les pays tiers, la coopération internationale pourrait constituer une solution plus intéressante que l'élaboration unilatérale de politiques. Cela sera discuté plus en détail dans la section D.

Notes

- 1 Les externalités de réseau peuvent donner lieu, tout d'abord, à des prises de parts de marché par un surinvestissement dans la R-D. Cela est socialement dommageable car les entreprises innovantes pourraient acquérir des parts de marchés aux dépens de leurs concurrents (ou se saisir de la quasi-intégralité du marché) sans nécessairement générer un quelconque bénéfice social, par exemple si la technologie/le produit innovant est seulement marginalement meilleur que la technologie/le produit existant (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019). Voir aussi Nobel Committee (2018) et Atkeson, Burstein et Chatzikonstantinou (2019) pour approfondir le sujet.
- 2 Voir Succar (1987), Greenwald et Stiglitz (2006), Stokey (1991) et Young (1991) pour des arguments théoriques. Voir Wade (1990) et Pack (2000) pour des données concernant le Taipei chinois. Blonigen (2016) étudie les politiques publiques concernant l'acier dans 22 pays. Lane (2019) étudie les effets de l'essor des industries lourdes et des industries chimiques en République de Corée entre 1973 et 1979.
- 3 Voir Audretsch, Keilbach et Lehmann (2006), Akcigit *et al.* (2018) et Haltiwanger, Jarmin et Miranda (2013).
- 4 Voir Brander et Krugman (1983), Helpman et Krugman (1989), Harrison et Rodríguez-Clare (2010) et Katz et Summers (1989).
- 5 Acemoglu, Aghion et Zilibotti (2006) soulignent l'importance du calendrier pour le passage d'une stratégie fondée sur l'investissement à une stratégie de croissance fondée sur l'innovation. L'intervention des pouvoirs publics sous la forme de mesures limitant la concurrence sur le marché ou de subventions à l'investissement peut être utile pour améliorer l'allocation des ressources à court terme et éviter le passage trop précoce à une stratégie fondée sur l'innovation mais peut avoir des conséquences négatives à long terme en retardant ou en entravant cette transition. Dans ce dernier cas, l'économie se trouve prise au piège du revenu intermédiaire et ne parvient pas à atteindre la frontière technologique mondiale. Pour une analyse plus détaillée de l'importance de la transition vers une stratégie fondée sur l'innovation dans le cadre de la trajectoire de développement, voir Cherif et Hasanov (2019), qui soulignent le rôle que peut jouer l'innovation locale pour permettre d'éviter le piège du revenu intermédiaire.
- 6 Selon un modèle élaboré par Aw, Roberts et Xu (2011), il existe une interdépendance entre l'exportation et l'investissement dans la R-D. Un accroissement des possibilités d'exportation fait augmenter le rendement attendu de la R-D, et un accroissement des investissements dans la R-D, qui stimule la productivité, fait augmenter le rendement attendu des exportations. Ces deux démarches supposent un investissement permettant de surmonter les obstacles initiaux, même si le coût de l'exportation est inférieur à celui de la R-D.
- 7 Une autre étude reposant sur des données concernant des milliers de produits exportés par 56 économies vers les États-Unis vient corroborer l'idée d'une relation non-linéaire entre innovation et concurrence émise par Aghion *et al.* (2005). Elle constate qu'une diminution de la protection tarifaire est associée à une montée en gamme des produits proches de la frontière qualitative mondiale (la qualité la plus élevée disponible), tandis que l'évolution se fait en sens inverse pour les produits éloignés de cette frontière (Amiti et Khandelwal, 2013). Ce lien n'est valable que dans les pays où la qualité de l'environnement économique est suffisante pour que le facteur concurrence soit pertinent.
- 8 Harrison et Rodríguez-Clare (2009) donnent un aperçu des fondements théoriques de la théorie des industries naissantes.
- 9 Les économies d'échelle externes renvoient aux avantages de la colocalisation des entreprises. Il peut être avantageux, pour des entreprises de la même branche d'activité, d'être implantées non loin les unes des autres, car cela leur permet d'avoir accès à des viviers plus importants d'employés avec des compétences spécifiques, de fournisseurs et d'acheteurs spécialisés, et car cela facilite la diffusion des connaissances.
- 10 Le Plan Marshall était un programme américain consistant à fournir de l'aide à l'Europe de l'Ouest après la dévastation engendrée par la Seconde Guerre mondiale.
- 11 Il existe par exemple des preuves que les restrictions d'accès à la version chinoise de Wikipédia en Chine continentale ont fait diminuer le nombre de contributions réalisées par des contributeurs d'économies qui n'étaient pas bloquées, telles que le Taipei chinois, Hong Kong (Chine), Singapour et d'autres régions du monde, puisque la portée de ces contributions était restreinte (Zhang et Zhu, 2011).
- 12 Czarnitzki, Hanel et Rosa (2011) ne constatent toutefois pas de différences significatives entre les entreprises bénéficiaires et le groupe témoin représentant les entreprises se trouvant dans la situation inverse (pas de crédits au titre de la R-D). Cela implique que les entreprises peuvent en effet mener davantage de R-D, mais que certaines seront plus enclines à investir dans des projets à court terme qui ont un taux de rendement marginal inférieur à celui de projets qui auraient été menés même en l'absence de crédits d'impôt au titre de la R-D. En conséquence, les auteurs ne constatent aucun effet des crédits d'impôt au titre de la R-D sur les indicateurs de performance des entreprises plus généraux tels que les bénéfices ou les parts du marché intérieur.
- 13 Dans une étude qui s'appuie sur des données américaines pour examiner l'imposition du revenu des particuliers et du revenu des sociétés plutôt que les politiques visant spécifiquement l'innovation comme les crédits d'impôt au titre de la R-D, Akcigit *et al.* (2018) montrent que les impôts ont un effet sur l'innovation : une imposition plus lourde des revenus des particuliers et des revenus des sociétés a une influence négative sur la quantité et la qualité des activités d'innovation.
- 14 Manelici et Pantea (2019) étudient les effets d'un allègement de l'impôt sur le revenu des programmeurs travaillant au développement de logiciels dans le secteur

informatique mis en place par la Roumanie en 2001. Ils montrent que cette politique a abouti à une croissance du secteur informatique plus rapide en Roumanie que dans d'autres pays similaires par ailleurs. Les secteurs en aval qui s'appuyaient davantage sur les services informatiques ont aussi connu une croissance plus rapide en Roumanie après 2001. Ces résultats suggèrent que cette politique a été efficace pour promouvoir le développement du secteur informatique, qui est typiquement considéré comme essentiel à la transition vers une économie de la connaissance.

- 15 Moretti et Wilson (2017) montrent que la migration d'un État à l'autre des États-Unis des scientifiques les plus en vue est très sensible aux variations entre les États des taux d'imposition des personnes physiques et des sociétés. Akcigit, Baslandze et Stantcheva (2016) ont étudié les effets des taux d'imposition les plus élevés sur la mobilité internationale des inventeurs « super stars » depuis 1977. Ils ont constaté que leurs choix d'implantation sont influencés de manière significative par les taux d'imposition les plus élevés Voir aussi section C.3 g) et section C.4 pour un plus ample examen des effets des politiques relatives à l'innovation sur l'équilibre général.
- 16 L'Institute for Innovation and Public Purpose (IIPP) de l'UCL a joué un rôle de pionnier par rapport à cette approche en accueillant une commission sur la stratégie industrielle axée sur des missions. Les travaux de cette commission, bien que centrés sur le Royaume-Uni, sont transposables à un contexte mondial.
- 17 L'IIPP a exploré en détail ce sujet dans une étude consacrée à l'innovation dans l'industrie pharmaceutique (UCL Institute for Innovation and Public Purpose (IIPP), 2018).
- 18 En utilisant l'appariement des coefficients de propension pour résoudre les problèmes liés à la sélection (i.e. les aides à la R-D ne sont pas attribuées de façon aléatoire, mais elles dépendent en partie de caractéristiques non observables des entreprises), Le et Jaffe (2017) examinent les effets de l'attribution d'une aide à la R-D sur les résultats d'innovation des entreprises de Nouvelle-Zélande. Ils montrent que les performances en matière d'innovation des entreprises ayant reçu des aides dépassent celles des entreprises « similaires » (en termes de propension) n'ayant pas reçu d'aides. En particulier, ils constatent que les aides ont un effet positif sur la probabilité que l'entreprise ait demandé à déposer un brevet entre 2005 et 2009. Ils constatent également que les aides à la R-D ont un effet plus prononcé sur les innovations à proprement parler que sur l'innovation incrémentale : le fait pour une entreprise de recevoir une aide à la R-D double presque la probabilité qu'elle produise de nouveaux biens ou de nouveaux services, tandis que les effets de cette aide sur l'innovation en matière de procédés et l'innovation en matière de produits sont, en proportion, bien plus faibles. Enfin, ils montrent que les aides visant des projets de R-D ont des effets bien plus importants sur l'innovation que les aides au renforcement des capacités de R-D. Le et Jaffe (2017) considèrent que ce dernier résultat prouve la valeur en termes de politique publique des aides visant des projets de R-D.
- 19 Voir Slavtchev et Wiederhold (2016, note 2, page 46). Ils fournissent aussi les références d'études mettant en évidence l'effet positif des achats publics sur l'innovation au niveau des entreprises. Pour une présentation très détaillée de la littérature consacrée à l'articulation des marchés publics et de l'innovation, voir Lenderink, Johannes et Voordijk (2019).
- 20 La mesure de l'intensité technologique des achats publics utilisée par Slavtchev et Wiederhold (2016) est la part des achats publics fédéraux concernant le secteur de la haute technologie réalisés dans un État par rapport au total des achats publics fédéraux dans cet État, en tenant compte uniquement des marchés publics hors R-D attribués à des entreprises du secteur privé.
- 21 Dans le cas de l'Équateur, un pays en développement, l'article de Fernández-Sastre et Montalvo-Quizhpi (2019) cité plus haut constate que, contrairement aux programmes d'aide à l'innovation, les marchés publics, y compris les contrats les plus importants, n'incitent pas les entreprises à investir dans la R-D.
- 22 Selon les estimations de Moretti, Steinwender et Van Reenen (2019), l'augmentation des dépenses de R-D privée découlant de la hausse des dépenses de défense ne reflète pas uniquement une augmentation des salaires et des prix des intrants causée par une demande accrue. Les auteurs montrent, en fait, qu'il existe d'importants effets positifs sur l'emploi du personnel chargé de la R-D. Le fait qu'une demande accrue de travailleurs spécialisés dans la R-D fasse augmenter l'emploi de ceux-ci, et non seulement leurs salaires, est cohérent avec le caractère assez élastique de l'offre de travailleurs spécialisés dans la R-D.
- 23 Une corrélation positive est obtenue à la fois dans un sous-ensemble d'économies développées et dans un sous-ensemble d'économies en développement. L'interaction entre la variable muette « développée » et la protection des DPI n'est pas corrélée de manière significative avec la part des brevets liés aux TIC sur l'ensemble des brevets dans l'échantillon total de 91 économies.
- 24 D'après un sondage en ligne portant sur des échantillons représentatifs de la population de sept pays de l'UE (Allemagne, Danemark, France, Italie, Pays-Bas, Portugal et Royaume-Uni), 73,9% des 7 664 participants déclaraient qu'ils souhaiteraient être vaccinés contre la COVID-19 si un vaccin était disponible. 18,9% des répondants n'étaient pas sûrs, et 7,2% ne souhaitaient pas être vaccinés (Neumann-Bohme *et al.*, 2020). D'après un sondage mené aux États-Unis entre le 29 avril et le 5 mai (Pew Research Center, 2020), 72% des adultes déclaraient qu'ils se feraient certainement (42%) ou probablement (30%) vacciner contre la COVID-19 si un vaccin était disponible, tandis qu'environ un quart (27%) disaient qu'ils ne se feraient pas vacciner.
- 25 Voir Whitley (2003) pour une analyse des avantages de la concurrence décentralisée dans le développement de technologies de rupture hautement innovantes.
- 26 Voir Kremer, Levin et Snyder (2020) pour le fonctionnement économique des garanties de marché pour le développement de vaccins.
- 27 Watal et Dai (2019) parviennent à des conclusions semblables sur le fond. En utilisant des données sur les lancements entre 1980 et 2017, pour 70 marchés, ils

constatent que l'introduction dans le droit des brevets de brevets de produits pour les produits pharmaceutiques a un effet positif sur la probabilité d'un lancement, en particulier pour les produits pharmaceutiques innovants. Cet effet est toutefois assez limité sur les marchés à faible revenu.

28 Hegde et Luo (2018) se concentrent sur l'industrie biomédicale et montrent qu'un changement dans la réglementation des États-Unis (selon laquelle les demandes de brevet doivent être publiées 18 mois après leur dépôt) a rendu les demandes de brevets déposées aux États-Unis moins susceptibles d'aboutir à une licence après octroi du brevet et plus susceptibles d'aboutir à une licence entre la publication et l'octroi du brevet. Cela semble indiquer que la divulgation facilite les ventes et les transactions sur le marché des idées.

29 Les résultats d'enquêtes présentés par Williams (2017) suggèrent que, du point de vue des entreprises, les brevets ne sont pas essentiels pour stimuler les investissements dans la R-D, sauf pour les produits chimiques et en particulier les produits pharmaceutiques. Des études empiriques concernant les modifications du droit des brevets (Lerner, 2009; Sakakibara et Branstetter, 2001) trouvent aussi peu de preuves du fait que des droits de brevet renforcés encourageraient les investissements dans la recherche. Enfin, Budish, Roin et Williams (2015), qui s'appuient sur la variation de la durée des essais cliniques dans le contexte de la recherche contre le cancer, constatent que la diminution de la durée des essais cliniques a des effets positifs sur les investissements dans la R-D, mais ils ne peuvent pas isoler l'importance des brevets de celle des autres facteurs.

30 Les résultats d'enquêtes suggèrent que ni les universités ni les entreprises n'ont tendance à abandonner des projets dignes d'intérêt à cause de problèmes d'accès à la propriété intellectuelle. Williams (2013) et Murray *et al.* (2016) fournissent des éléments économétriques qui suggèrent que les modes de protection de la propriété intellectuelle autres que les brevets peuvent faire diminuer l'innovation de suivi dans le domaine des sciences biomédicales. De même, Galasso et Schankerman (2015) constatent que l'invalidation de brevets par un tribunal fait augmenter la recherche ultérieure sur le brevet central, ce qui est mesuré par les citations ultérieures, dans certains domaines (informatique, électronique et instruments médicaux) mais pas dans d'autres (médicaments, produits chimiques, technologies mécaniques). Enfin, Azoulay *et al.* (2019b) qui étudient les brevets sur le génome humain, ne trouvent pas de preuve d'un effet de ces brevets sur l'innovation de suivi.

31 L'Accord de l'OMC sur les ADPIC autorise la concession de licences obligatoires (définie à l'article 31 comme les « Autres utilisations sans autorisation du détenteur du droit ») à condition que la personne ou l'entreprise demandant la licence ait d'abord tenté sans succès d'obtenir une licence auprès du détenteur du droit suivant des conditions commerciales raisonnables et qu'en cas de délivrance d'une licence obligatoire, le détenteur du droit reçoive une rémunération adéquate. Pour gagner du temps, il n'est pas nécessaire que la première condition soit remplie en cas d'urgence nationale ou d'autres circonstances

d'extrême urgence. L'accord originel de l'OMC sur les ADPIC (article 31) limitait principalement l'utilisation des licences obligatoires à l'approvisionnement du marché intérieur. L'Annexe à l'Accord sur les ADPIC amendé, qui est entré en vigueur le 23 janvier 2017, autorise la concession de licences obligatoires pour la production et l'exportation de produits pharmaceutiques, y compris des médicaments, des vaccins et des outils diagnostiques, nécessaires pour combattre une épidémie. Cela est pertinent dans le cadre de la crise sanitaire actuelle due à la COVID-19, comme indiqué à la section D. Pour des informations détaillées sur l'utilisation des licences obligatoires dans le secteur pharmaceutique, voir le document de l'OMC, de l'OMPI et de l'OMS (2020).

32 La TWEA a permis à des entreprises américaines d'enfreindre des brevets possédés par l'ennemi si cela contribuait à l'effort de guerre. À mesure que la guerre se prolongeait, la TWEA est devenue de plus en plus punitive. En novembre 1918, le Congrès a amendé le TWEA pour confisquer tous les brevets possédés par l'ennemi. En février 1919, des licences étaient systématiquement accordées aux entreprises américaines pour l'utilisation de brevets allemands.

33 Voir également Aguiar et Waldfogel (2018). S'ils ne se concentrent pas sur l'innovation (qualité de la musique), Oberholzer-Gee et Strumpf (2007) présentent des éléments prouvant que le partage de fichiers ne réduit pas les ventes légales de musique.

34 Les projets open source utilisent plus typiquement des licences permissives, dans le cadre desquelles l'utilisateur ou l'utilisatrice conserve la possibilité d'utiliser le code comme il ou elle l'entend, y compris pour développer des logiciels propriétaires commercialisables. C'est par exemple le cas des licences BSD (Berkeley Software Distribution) et Apache (un logiciel de serveur Web libre qui fait fonctionner presque la moitié des sites Internet du monde entier).

35 Voir <https://hostingtribunal.com/blog/linux-statistics/#gref>.

36 Soit le cas extrême d'une offre fixe de scientifiques et d'ingénieurs. Une plus forte demande de scientifiques et d'ingénieurs ferait simplement augmenter leur rémunération, sans augmenter l'innovation. Bien évidemment, l'offre peut être fixe à n'importe quel moment donné, mais élastique (i.e. selon une courbe ascendante) à long terme. Par ailleurs, en cas de possibilité de substitution entre scientifiques/ingénieurs et d'autres facteurs de production de l'innovation, une hausse de leur prix relatif entraînerait une baisse de leur utilisation (Bloom, Van Reenen et Williams, 2019).

37 Bien qu'il ne se concentre pas sur les diplômés en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques, Mitrunen (2019) offre des éléments intéressants selon lesquels le développement du capital humain peut être une réponse endogène à des politiques publiques biaisées en faveur des industries nécessitant un haut degré de qualification, comme celle que la Finlande a mise en œuvre après la Seconde Guerre mondiale pour être en mesure de verser des réparations de guerre à l'Union soviétique.

- 38 Voir note 10 dans Kerr *et al.* (2016) pour une liste de ces études. Hunt et Gauthier-Loiselle (2010) ont publié un article essentiel de ce domaine. Ils constatent qu'une hausse de 1 point de pourcentage de la part des immigrants diplômés de l'enseignement supérieur dans la population se traduit par une augmentation du nombre de brevets par habitant de 9 à 18%. Ils estiment aussi qu'il existe des retombées pour le reste de la population. Plusieurs autres études analysent la manière dont des modifications brutales de l'immigration dues à des facteurs exogènes ont nui à l'innovation. Moser, Voena et Waldinger (2014), par exemple, montrent que l'innovation américaine dans le domaine de la chimie a été dynamisée par l'arrivée de scientifiques juifs qui avaient été expulsés d'Allemagne par le régime nazi dans les années 1930. Doran et Yoon (2020) et Moser et San (2020) montrent que les quotas introduits dans les années 1920 aux États-Unis, qui touchaient davantage les immigrants venant des pays du Sud et du Sud-Est de l'Europe que ceux venant d'Europe du Nord, ont découragé l'immigration depuis ces pays, ce qui a fait diminuer l'ensemble des activités d'invention.
- 39 Voir note 11 dans Kerr *et al.* (2016) pour une liste de ces études. L'étude la plus pertinente est celle de Borjas et Doran (2012), qui analysent l'afflux de mathématiciens soviétiques qui a eu lieu après 1992 et constatent son effet négatif sur les mathématiciens américains, en particulier ceux dont les recherches recoupaient celles des soviétiques.
- 40 Voir note 12 dans Kerr *et al.* (2016) pour une liste de ces études. Dans une contribution récente, Fassio, Montobbio et Venturini (2019) étudient les effets de l'immigration de main-d'œuvre qualifiée sur l'innovation (représentée par les citations de documents de brevet) en France, en Allemagne et au Royaume-Uni. Ils montrent que les immigrants avec un niveau élevé d'instruction ont un effet positif sur l'innovation, même si cet effet représente environ un tiers de celui des nationaux avec un niveau élevé d'instruction : une hausse de 1% du nombre de nationaux (immigrants) qualifiés aboutit à une hausse de 0,3 (0,1)% du nombre de brevets cités. Les effets sont plus marqués dans les industries avec de faibles degrés de surqualification et de hauts niveaux d'investissement étranger direct (IED) et d'ouverture au commerce, et dans les industries où la diversité ethnique est plus importante.
- 41 Les offres de résidence permanente se révèlent plus attractives pour les travailleurs qui ne sont pas hautement qualifiés que pour ceux qui le sont, ce qui a pour effet de diminuer la valeur en capital humain des flux de main-d'œuvre, selon Czaika et Parsons (2017) Le regroupement familial, qui n'est pas représenté dans leurs données, tend aussi généralement à concerner les groupes les moins qualifiés, au moins aux États-Unis (Kerr *et al.*, 2016).
- 42 Voir par exemple Correa (2012) qui, en utilisant les mêmes données qu'Aghion *et al.* (2005), observe une rupture structurelle au début des années 1980. Ceci correspond à la création de la cour d'appel des États-Unis pour le circuit fédéral en 1982. Correa (2012) montre que, pour les États-Unis, on observe une relation positive entre innovation et concurrence durant la période pré-cour d'appel des États-Unis pour le circuit fédéral (1973-1982), et aucune relation après la création de cette cour (1983-1994). Voir Banque mondiale (2017, page 49) pour plus de détails et d'explications sur ces résultats.
- 43 Par exemple, Bassanini et Ernst (2002) constatent une corrélation négative entre la réglementation du marché des produits et l'intensité des dépenses de R-D dans les pays de l'OCDE. Des résultats similaires sont obtenus par d'autres études citées par Blind (2016, page 454). Dans le cas d'un pays en développement (l'Inde), en étudiant un échantillon de 291 entreprises manufacturières, Kumar et Saqib (1996) montrent que lorsque des politiques publiques restreignent l'entrée de nouvelles entreprises sur un marché, l'absence de pression concurrentielle réduit les chances que les entreprises s'engagent dans des activités de R-D. Toutefois, la pression concurrentielle n'influence pas le montant des dépenses de R-D des entreprises une fois qu'elles ont décidé d'investir dans ces activités. Franco, Pieri et Venturini (2016) montrent que l'existence en amont d'une réglementation relative aux services restrictive diminue l'efficacité de la R-D des entreprises manufacturières en aval dans les pays de l'OCDE. En s'appuyant sur des données concernant 100 pays en développement, Hoekman et Shepherd (2017) montrent que les restrictions apportées au commerce des services ont un effet négatif sur les performances à l'exportation du secteur manufacturier. Arnold, Mattoo et Narciso (2008) présentent des éléments similaires en ce qui concerne les pays d'Afrique subsaharienne.
- 44 L'utilisation de la concession de licences obligatoires (définie comme les « Autres utilisations sans autorisation du détenteur du droit ») pour remédier à des pratiques anticoncurrentielles est prévue et régie par l'article 31 de l'Accord de l'OMC sur les ADPIC.
- 45 La présence à plus grande échelle d'intrants complémentaires spécialisés et de fournisseurs de services professionnels est aussi pertinente (Kerr *et al.* 2017).
- 46 Voir Kerr et Robert-Nicoud (2019), pages 15 et 16, pour une analyse de l'importance du lieu d'installation des entreprises phares et un examen de certaines études récentes proposant un compte rendu historique du processus de bouleversement des technologies de pointe émergentes.
- 47 Les accélérateurs pratiquent une sélection à l'entrée et fournissent un soutien intensif. Ils proposent en général un espace de travail sur site, ainsi qu'un renforcement des compétences commerciales, un mentorat intensif et des activités de réseautage. Les incubateurs fournissent aussi des espaces de travail et des formations pour les entrepreneurs, mais l'entrée est moins compétitive, et le niveau de soutien est limité à un mentorat minimal. Les parcs scientifiques sont une agglomération d'entreprises de haute technologie situées à proximité les unes des autres.
- 48 Les inégalités entre pays liées aux politiques d'innovation sont traitées dans la section D.
- 49 Akcigit, Grigsby et Nicholas (2017) constatent aussi une corrélation positive entre intensité de l'activité de brevetage et mobilité sociale aux États-Unis sur les 150 dernières années.