



RECHERCHE ET INNOVATION EN SUISSE 2020



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
**Secrétariat d'Etat à la formation,
à la recherche et à l'innovation SEFRI**

RECHERCHE ET INNOVATION EN SUISSE 2020

Impressum

Édition : Secrétariat d'État à la formation,
à la recherche et à l'innovation SEFRI
Einsteinstrasse 2, CH-3003 Berne, © 2020
info@sbfi.admin.ch
www.sbfi.admin.ch

Conception, coordination et rédaction :
Müfit Sabo, Annette Kull, Léo Benmenni, Nicole Hofer (SEFRI)

Collaboration scientifique et rédactionnelle :
Dani Duttweiler, Martin Fischer, Isabelle Maye, Sylvie Rochat (SEFRI)

Lecteur correcteur :
Catherine Riva (journaliste scientifique)

Suivi du projet :
Voir annexe 3

Graphisme :
Désirée Goetschi (SEFRI)

Traductions :
Service linguistique du SEFRI et Chancellerie fédérale

Impression :
Jordi AG, Belp

ISSN 2296-3855

Le rapport est disponible en téléchargement sur Internet
www.sbfi.admin.ch/rapport_r-i
ou peut être commandé à l'adresse suivante :
Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation
Einsteinstrasse 2, 3003-CH Berne
Téléphone : +41 58 465 42 75
info@sbfi.admin.ch

Les personnes qui ont contribué à ce rapport sont trop nombreuses pour être citées nommément. Qu'elles soient ici chaleureusement remerciées.

Contenu du rapport

Management Summary	13
Introduction	25
Partie A: Le système suisse de recherche et d'innovation	31
1 Conditions-cadres	35
2 Les acteurs	36
3 Les compétences des pouvoirs publics	40
4 Finances	43
5 Encouragement national, régional et cantonal	44
6 Coopération internationale	48
7 Transfert de savoir et de technologie	50
Partie B: La recherche et l'innovation suisses en comparaison internationale	55
1 Conditions-cadres de la recherche et de l'innovation	60
2 Éducation et qualifications	63
3 Personnel actif dans le domaine de la recherche et de l'innovation	69
4 Financement et dépenses de recherche et développement	72
5 Participation aux programmes-cadres de Recherche de l'UE	77
6 Publications scientifiques	82
7 Brevets	86
8 Technologies de l'information et de la communication	90
9 Transfert de savoir et de technologie	99
10 Entrepreneurat	103
11 Activités d'innovation des entreprises	110
12 Mutations structurelles	115
13 La Suisse comparée aux régions-phares de l'innovation	119
Partie C: Thèmes spécifiques	129
Étude 1: Contribution de la formation professionnelle à l'innovation	133
Étude 2: L'apport des sciences humaines et sociales à l'innovation	169
Étude 3: Innovations dans le domaine des services	201
Introduction aux études 4 & 5: Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse	237
Étude 4: Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des entreprises	243
Étude 5: Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques	273
Étude 6: Protection de la propriété intellectuelle et innovation en Suisse	311
Étude 7: La numérisation, moteur de modèles commerciaux novateurs	341
Annexe	361
Annexe 1: Bibliographie	363
Annexe 2: Abréviations	375
Annexe 3: Suivi du projet	377



Préface

La Suisse du 21^e siècle évolue dans un contexte mondialisé très compétitif. D'excellentes performances dans la formation, la recherche et l'innovation sont non seulement nécessaires, mais aussi primordiales pour être en mesure d'affronter la concurrence internationale. C'est pourquoi le Conseil fédéral accorde depuis longtemps une très haute importance à la politique FRI qu'il assume conjointement avec les cantons et la rattache à ses priorités budgétaires.

Dès que des investissements sont consentis, il convient d'en mesurer les effets produits. Le domaine FRI n'échappe pas à cette règle, et une haute priorité y est accordée à l'évaluation de l'efficacité des moyens financiers mis en œuvre grâce à des instruments de monitoring et de mesure de l'impact. Parmi ceux-ci figure le présent rapport « Recherche et innovation en Suisse ». Sur la base d'un suivi systématique, il offre un aperçu complet du système suisse de la recherche et de l'innovation et de son fonctionnement, inclut des comparaisons avec certains pays et régions et examine des thèmes spécifiques. Conçu comme un ouvrage de référence, le rapport sert de base de discussion, notamment pour les débats autour des messages quadriennaux du Conseil fédéral relatifs à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation.

Cette deuxième édition du rapport « Recherche et innovation en Suisse », comme la première, a été élaborée sous la direction du Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation avec le concours d'experts et expertes externes. Le rapport brosse un tableau globalement positif des performances de notre pays en matière de recherche et d'innovation. Il convient de relever notamment les initiatives dont font preuve les entreprises privées ainsi que les conditions-cadres globalement adéquates pour les acteurs publics et privés dans le domaine FRI. Les nouveaux instruments de promotion, comme le programme « Bridge » du Fonds national suisse et d'Innosuisse ou encore le Parc suisse d'innovation, contribuent à combler les lacunes entre recherche et application.

Le rapport met également en évidence les défis à relever, notamment la concurrence de la Suisse avec les régions d'innovation, la numérisation de l'économie ou encore le recul des activités innovantes au sein des PME. Les sept études consacrées à des thèmes spécifiques proposent, elles aussi, une diversité d'éclairages intéressants. L'exemple de l'étude sur la formation professionnelle illustre clairement le fait que le succès de la formation, de la recherche et de l'innovation repose sur un système global compétitif dans son ensemble. Une autre étude pointe l'importance des sciences humaines et sociales pour l'innovation, qui se reflète par exemple dans le succès de l'industrie horlogère. Mentionnons également les analyses, très intéressantes, sur le transfert technologique entre entreprises et organisations scientifiques ; ces études permettent de se faire une idée de la manière dont les résultats prometteurs de la recherche peuvent être mis à profit de façon encore plus ciblée dans les applications.

Il ne me reste plus qu'à vous souhaiter une lecture inspirante et à remercier toutes celles et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Martina Hirayama'.

Martina Hirayama
Secrétaire d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation

Préface du groupe d'experts

Cette deuxième édition du rapport « Recherche et innovation en Suisse » offre un aperçu du système de recherche et d'innovation suisse, propose des comparaisons entre pays et entre régions au niveau international, ainsi qu'un approfondissement de thèmes sélectionnés. En tant que groupe d'experts, nous avons accompagné l'élaboration du rapport, de sa conception à sa mise en œuvre rédactionnelle.

La recherche et l'innovation sont essentielles pour un développement social et économique durable de la Suisse. Les différentes analyses présentées dans ce rapport indiquent que le système de recherche et d'innovation suisse est actuellement très performant en comparaison internationale. Toutefois, elles montrent aussi que les écarts entre les pays se réduisent et que la Suisse s'en tire moins bien dans la comparaison avec des régions innovantes (par exemple le Bade-Wurtemberg ou la région de Boston) que dans la comparaison au niveau des pays.

Les mutations de la société, de la science, de la technologie et de l'économie modifient constamment l'environnement de la recherche et de l'innovation. Dans ce contexte, nous relevons ici quelques facteurs significatifs de succès pour le système suisse de recherche et d'innovation. Nous mentionnerons ensuite les défis dont les répercussions se font d'ores et déjà sentir ou sont attendues à l'avenir.

Facteurs de succès pour la recherche et l'innovation suisses

Parmi les facteurs de succès pour la recherche et l'innovation suisses, nous comptons entre autres l'économie privée innovante, le système de formation différencié, l'encouragement efficace de la recherche et de l'innovation par les pouvoirs publics ainsi que les bonnes conditions-cadres politiques.

Entreprises compétitives et innovantes

En 2017, la Suisse a investi 3,4 % de son produit intérieur brut dans la recherche et le développement.¹ L'économie privée a financé deux tiers de cet investissement (2,3 % du PIB) (OFS, 2019a).² Quelques grandes entreprises actives sur le plan international dans les branches pharmaceutique, chimique, de l'industrie alimentaire et des machines ont fourni la majeure partie des efforts de financement et de réalisation de la recherche et du développement. Bien que le nombre de PME actives dans la R-D a chuté depuis le début des années 2000, elles aussi continuent à jouer un rôle essentiel dans la performance en matière d'innovation en Suisse. En comparaison européenne, elles se classent au premier rang

¹ Pour des explications relatives à l'utilisation des notions « Recherche et développement » (R-D) ainsi que « Recherche et innovation » (R-I), voir l'introduction du rapport, p. 27.

² Voir partie A, chapitre 4.1.

(Commission européenne, 2019) pour ce qui est de l'introduction d'innovations en matière d'organisation et de commercialisation, notamment. Les start-up jouent également un rôle important, par exemple dans les branches des sciences de la vie ou dans le domaine des services financiers.

En outre, les partenariats entre entreprises sont également des facteurs clés de succès, de même que l'implication de la clientèle et des hautes écoles dans les processus de recherche et d'innovation. La multiplicité et la densité des systèmes économiques locaux ainsi que les conditions-cadres favorables sont d'autres prérequis pour la force d'innovation et la compétitivité des entreprises suisses.

Système de formation différencié

La Suisse dispose d'un système de formation qui propose une offre de formations professionnelles pratiques et de filières académiques parfaitement complémentaires. Il se caractérise par une grande perméabilité dans et entre les domaines de formation. Ce modèle garantit la formation d'une main-d'œuvre qualifiée capable d'intervenir sur l'ensemble de la chaîne d'innovation et de création de valeur, marquée par une complexité toujours plus élevée.

Les hautes écoles³ se caractérisent par l'enseignement comportant formation initiale et formation continue, la recherche, le transfert de savoir et de technologie ainsi que les prestations de services à des tiers. Leurs contributions à la recherche et à l'innovation dépendent essentiellement de la collaboration internationale. Le recrutement des meilleurs étudiants⁴ et chercheurs internationaux et la participation à des programmes internationaux de recherche (par exemple aux programmes-cadres de l'Union européenne pour la recherche et l'innovation) ainsi que l'adhésion à des organisations internationales de recherche sont indispensables pour un petit pays tel que la Suisse. C'est la seule façon pour les hautes écoles suisses de se maintenir à la pointe de la recherche internationale et de participer à l'échange de savoir au niveau international.

Par ailleurs, la formation professionnelle duale constitue une condition essentielle à la force d'innovation de la Suisse. Près de deux tiers des personnes en fin de scolarité optent pour cette voie. Elles obtiennent ainsi une formation orientée vers la pratique, adaptée aux exigences les plus récentes et, de ce fait tournée vers l'avenir. Par ailleurs, elles ont la possibilité de poursuivre leur carrière en intégrant le degré tertiaire.

Encouragement efficace de la recherche et de l'innovation

L'encouragement public de la recherche et de l'innovation s'effectue essentiellement selon le principe de la concurrence. Dans la

mesure du possible, les demandes de subsides sont évaluées en fonction de l'excellence des projets. Dans la sélection des thèmes et des projets, les instruments d'encouragement misent sur l'initiative personnelle des chercheurs et des entreprises. Conformément à ces principes, le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) encourage la recherche, alors qu'Innosuisse favorise l'innovation fondée sur la science.

Qualité des conditions-cadres

En comparaison internationale, la Suisse se caractérise par des conditions-cadres particulièrement favorables à la recherche et à l'innovation. L'infrastructure à disposition est de qualité élevée. Globalement, le niveau fiscal est bas, la flexibilité du marché du travail est grande, l'environnement politique est stable et la qualité de la vie est élevée.

Défis pour la recherche et l'innovation suisses

Réaliser la transition numérique dans l'intérêt de la société et de l'économie

Nous considérons le développement continu des technologies numériques ainsi que leur intégration et leur application dans la société et l'économie comme un défi majeur. Les questions suivantes se posent à ce propos : de quelle manière les compétences nécessaires en matière de numérisation peuvent-elles être transmises à l'ensemble de la société, toutes classes d'âge et couches sociales confondues ? Comment exploiter les opportunités offertes par la transition numérique et comment garantir en même temps une gestion responsable des nouvelles possibilités ? Comment les entreprises, et notamment les PME, peuvent-elles suivre le rythme des développements technologiques et les influencer à leur tour ? Comment garder un rythme d'innovation élevé et assurer ainsi la compétitivité internationale ?

Ces questions et bien d'autres liées à la transition numérique se reflètent dans certains des défis mentionnés ci-dessous que nous avons identifiés pour la recherche et l'innovation en Suisse. À cet égard, il nous semble très important de mentionner que les plus grands défis et les plus grandes opportunités surviennent lorsque la numérisation est combinée avec d'autres technologies, comme par exemple lors de la combinaison des données massives (big data) avec les technologies du domaine de la santé.

Garantir les qualifications pour la transition numérique

À l'avenir, les compétences de numérisation doivent être transmises à tous les degrés de formation et dans toutes les filières du système de formation formel, ainsi que dans la formation continue.⁵ Les

³ En font partie les hautes écoles universitaires (les deux Écoles polytechniques fédérales et les universités cantonales), les hautes écoles spécialisées et les hautes écoles pédagogiques.

⁴ Dans le présent rapport, la forme masculine est utilisée pour les deux sexes pour une meilleure lisibilité.

⁵ La formation formelle comprend l'école obligatoire, le degré secondaire II et le degré tertiaire. La formation continue fait partie de la formation non formelle qui inclut par exemple les conférences, les séminaires ou les cours. Par ailleurs, on y distingue la formation informelle, dont font notamment partie les tâches familiales, les activités bénévoles ou la lecture de littérature spécialisée.

développements correspondants ont été mis en route,⁶ mais ils doivent être renforcés et accélérés. L'apprentissage tout au long de la vie joue un rôle déterminant dans le contexte de la numérisation. C'est pourquoi, outre l'intégration de nouveaux contenus dans la formation formelle, il faut avant tout développer des formations continues ciblées pour les personnes engagées dans le processus de travail, pour celles ayant interrompu leur activité lucrative et pour celles à la retraite. Toutes ces personnes devront faire face à un monde de plus en plus numérisé et par conséquent disposer de compétences numériques. Il en résulte des opportunités sans précédent, qu'il s'agisse par exemple d'un meilleur suivi médical, de nouveaux concepts de mobilité ou encore de nouvelles formes d'apprentissage et de loisirs. À l'avenir, il s'agira donc de définir les compétences numériques pour tous les types de formation et groupes cibles et, là où ce n'est pas encore le cas, de développer une stratégie permettant de déterminer comment acquérir ces compétences numériques dans un délai raisonnable.

La création de nouvelles connaissances et, de ce fait, la recherche fondamentale dans les domaines de l'informatique et des sciences computationnelles, revêtent dès lors une importance clé. Outre les principaux domaines de l'informatique, c'est-à-dire ses composantes technologiques, la mise en place des compétences doit avant tout intégrer les aspects transversaux du numérique (p. ex. la protection des données). Dans le cadre de la recherche fondamentale, les connaissances numériques essentielles pour de nouvelles applications doivent être mises en place ou développées et sécurisées, toutes disciplines confondues.

Encourager le transfert de connaissances et de technologie

Dans une large mesure, la capacité d'innover suppose de nouvelles connaissances mises en œuvre dans le cadre de produits ou de procédures novateurs. En raison notamment de sa taille, la Suisse n'est pas en mesure de générer elle-même toutes les connaissances dont elle a besoin. L'échange de savoir-faire avec l'étranger est donc essentiel.

Ce processus a lieu avant tout au sein des hautes écoles. À cet égard, l'importante proportion de jeunes scientifiques⁷ recrutés à l'international joue un rôle significatif, notamment dans l'enseignement et la recherche. L'ouverture internationale et la mise en réseau constituent les conditions clés pour encourager un transfert prometteur de savoir et de technologie (TST) entre les hautes écoles et l'économie. Cette ouverture permet de recruter les meilleures spécialistes à l'étranger; ceux-ci apportent leurs connaissances ainsi

que leurs expériences et leurs contacts en Suisse et renforcent ainsi considérablement la force innovatrice de la Suisse.⁸

En outre, la proximité spatiale et l'orientation régionale des hautes écoles spécialisées ainsi que leur collaboration avec l'économie locale et régionale sont également très importantes. Malgré l'utilisation accrue d'outils numériques (Internet, Social Media, etc.), il faut bien constater que les contacts informels et personnels ainsi que le savoir personnel restent un facteur déterminant pour le TST. L'encouragement des réseaux et des opportunités d'échanges personnels qui y sont associées continue de revêtir une grande importance.

Suivant la discipline, le TST peut être davantage encouragé, en augmentant l'expérience que le personnel académique issu du secteur privé apporte aux hautes écoles et en renforçant l'échange de personnel entre les hautes écoles et l'économie. En particulier dans les hautes écoles spécialisées, caractérisées par une forte orientation vers la pratique, il ne faudrait consentir à aucun compromis en ce qui concerne le critère de recrutement « orientation vers la pratique », contrairement aux tendances observées en certains endroits.

Mettre fin au recul de l'innovation dans les PME et encourager leur capacité d'innovation

Au cours des 20 dernières années, la proportion d'entreprises actives dans la R-D a quasiment diminué de moitié en Suisse. L'activité de R-D recule continuellement depuis l'an 2000, notamment dans les PME, qui représentent 99 % des entreprises en Suisse.⁹ Le recul des activités d'innovation dans les PME est une tendance que l'on observe aussi dans plusieurs pays européens. Les causes exactes de cette évolution sont inconnues et mériteraient d'être analysées pour la Suisse.

Actuellement, dans le cadre de la numérisation, les mécanismes d'innovation évoluent rapidement et considérablement. Comment les entreprises, et en particulier les PME, peuvent-elles s'adapter aussi rapidement que possible à ces mutations et choisir ce qui leur est utile et ce qui les aide à innover? Le transfert de connaissances et de technologie constitue un important moteur de l'innovation. Afin de stimuler les activités d'innovation des PME, il pourrait donc être judicieux de créer des plateformes TST spécifiquement destinées aux PME, qui transfèreraient de façon rapide et efficace aux PME le savoir-faire développé dans les hautes écoles et les instituts de recherche (p. ex. dans le domaine des nouvelles technologies numériques).

Les réglementations, comme celles relatives au secteur financier et à celui de la santé, peuvent entraver le développement des innovations. Dès lors, la création d'« espaces de l'innovation »¹⁰

⁶ Ainsi, en 2018, le Conseil fédéral et la CDIP ont pris la décision de déclarer obligatoire l'informatique pour tous les lycéens, au plus tard à partir de l'année scolaire 2022/2023. Par ailleurs, la Conférence des recteurs des hautes écoles suisses (swissuniversities) a lancé le programme d'impulsion « Renforcement des digital skills dans l'enseignement ». En outre, dans le cadre de la formation professionnelle, l'initiative « digitalinform.swiss » encourage tous les acteurs de la formation professionnelle en fonction de leurs besoins, afin qu'ils puissent exploiter les opportunités offertes par le virage numérique.

⁷ En font notamment partie les doctorants, les post-doctorants et les professeurs assistants.

⁸ L'ouverture internationale et la mise en réseau ne profitent pas seulement à la Suisse; elles ont également des effets positifs sur la performance en matière d'innovation de tous les pays impliqués dans le TST.

⁹ Voir aussi partie A, chap. 2.1.

¹⁰ Dans ce contexte, on utilise aussi la désignation « sandbox » (bac à sable).

pourrait être judicieuse, notamment pour les PME. Ces espaces devraient permettre d'expérimenter sans grandes restrictions et de développer des innovations. Ainsi, il conviendrait d'analyser de manière approfondie comment et où il serait envisageable de créer de tels « espaces de l'innovation », quels critères il faudrait prendre en compte et quels en seraient les avantages et les risques.

Encourager une culture de création de nouvelles entreprises et de start-ups dans toutes les disciplines

Actuellement en Suisse, quelque 300 start-up sont créées chaque année (startupticker.ch, 2018).¹¹ Ce chiffre est stable depuis plusieurs années. Selon les chiffres les plus récents, le nombre de créations de nouvelles entreprises s'élève à près de 40 000 par an (OFS, 2019a). La création d'entreprises en quête de succès grâce à des modèles d'affaires novateurs, souvent fondés sur de nouvelles technologies, est un moyen important de commercialiser de nouvelles connaissances et technologies, et de créer de nouveaux secteurs économiques. La culture entrepreneuriale devrait donc être encouragée dans toutes les disciplines des hautes écoles, notamment en sciences humaines et sociales.

Garantir l'implication de la Suisse dans les activités de recherche et d'innovation sur le plan international

Les instruments internationaux pour l'encouragement de la recherche et de l'innovation complètent les instruments nationaux. Pour un petit pays tel que la Suisse, la mise en réseau et la coopération internationales revêtent une importance cruciale. Elles permettent aux acteurs suisses d'accéder à d'importants réseaux et infrastructures internationaux et apportent un avantage scientifique, technologique et économique à la Suisse et à tous les pays impliqués. Pour que cet avantage s'applique, il faut garantir que la Suisse puisse participer à des organisations internationales de recherche et à des programmes transnationaux.

Suivre avec attention le développement de politiques d'encouragement de la recherche et de l'innovation sur le plan international

L'encouragement suisse de la recherche et de l'innovation est fondé sur la concurrence, le principe du bottom-up, les initiatives entrepreneuriales spontanées et la coordination. Cette approche n'exclut pas qu'une attention politique soit accordée à des thèmes d'importance stratégique comme la recherche énergétique ou la numérisation. Toutefois, l'encouragement suisse de la R-I tend à ne pas être axé sur la mission.¹²

¹¹ Conformément au Swiss Startup Radar 2018/2019 (startupticker.ch), les six critères ci-dessous caractérisent une jeune entreprise comme étant une start-up : plans de croissance ambitieux, accent mis sur l'innovation, approche basée sur les sciences et la technologie, modèle d'entreprise évolutif, marchés de vente internationaux et investisseurs professionnels.

¹² Dans le cas d'une politique d'encouragement de la R-I axée sur la mission, les objectifs et les développements technologiques permettant de les atteindre sont définis au préalable. En comparaison avec un dispositif d'encouragement centré sur la création de conditions-cadres favorables pour la recherche et l'innovation, l'encouragement axé sur la mission se caractérise par une orientation plus ciblée, la définition de priorités et une centralisation (EFI, 2019).

Parallèlement à une politique d'innovation ascendante (bottom-up) et organisée en fonction du marché, la plupart des États occidentaux, y compris les États-Unis, poursuivent également une politique d'encouragement de la R-I axée sur la mission. En outre, des instruments d'encouragement axés sur la mission sont actuellement discutés et mis en œuvre dans différents pays selon le modèle américain de l'Advanced Research Projects Agency (ARPA).¹³ Ainsi, en Allemagne par exemple, l'Agence pour la promotion d'innovations disruptives pour le champ d'application civil a été créée en 2019 sur le modèle de l'ARPA (EFI, 2019 ; BMWi, 2019).

Ce modèle se caractérise entre autres par sa flexibilité, sa rapidité, sa propension au risque ainsi que par une approche entrepreneuriale et orientée vers la personne. Des gestionnaires de projet engagés à titre temporaire qui disposent d'excellentes connaissances de la technologie et du marché y jouent un rôle clé (Azoulay et al., 2018). Cette approche pourrait par exemple être judicieuse dans le cas de technologies existantes qui sont encore peu étudiées et qui présentent un important potentiel d'amélioration. À cet égard, l'objectif n'est pas d'exploiter une politique industrielle sectorielle, mais d'identifier et de résoudre des problèmes urgents (p. ex. les défis liés au changement climatique) en collaboration avec l'économie privée.

Pour la Suisse, il ne s'agit pas de créer une nouvelle agence à l'instar de l'Allemagne. L'actuel système d'encouragement de la recherche et de l'innovation fonctionne de façon très efficace. Le FNS attribue avec un grand succès les fonds publics pour la recherche selon des critères de qualité. L'orientation économique ciblée est également garantie par la coopération entre les hautes écoles et l'économie dans le cadre d'Innosuisse. Toutefois, la Suisse devrait suivre attentivement les développements d'instruments axés sur la mission dans d'autres pays et analyser rapidement s'il peut être judicieux d'implémenter également ces instruments dans notre pays et de les mettre en œuvre en complément des instruments disponibles.

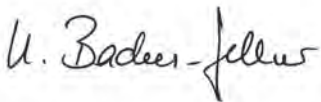
Améliorer les bases de données

Afin que la recherche et l'innovation puissent être mieux analysées en Suisse, une meilleure base de données devrait être créée.

Dans le contexte de la transformation numérique, de nouvelles sources de données sont nécessaires pour décrire de façon judicieuse les tendances récentes et effectuer des analyses d'impact afin d'évaluer l'efficacité des mesures économiques, sociales ou éducatives. À cette fin, de nouveaux types de données numériques devraient être systématiquement saisis et mis à la disposition de la recherche. En outre, tous les jeux de données devraient être enregistrés sur une longue période et être mieux combinables entre eux (p. ex. relier les données sur la formation avec des données sur le marché du travail, sur les entreprises ou sur l'innovation).

¹³ La notion « ARPA » a été utilisée de différentes façons au cours des années. On parle également de « DARPA » (Defense Advanced Research Projects Agency) (Azoulay et al., 2018). Comme dans le présent rapport on parle de recherche et d'innovation dans le secteur civil, on utilisera l'acronyme ARPA.

Les centres de données de recherche qui coopèrent avec des offices ou des autorités statistiques peuvent être très utiles à cet égard. Dans certains pays européens, comme le Danemark et l'Allemagne, leur existence est courante.¹⁴ Ces centres apportent une importante contribution aux analyses comparatives internationales des problématiques majeures de politique économique de ces deux pays. À cet égard, la Suisse est clairement en retard, mais elle offre un grand potentiel pour diverses raisons.¹⁵



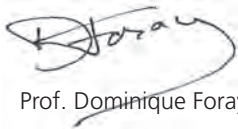
Prof. Uschi Backes-Gellner



Prof. em. Roman Boutellier



Richard Deiss



Prof. Dominique Foray



Prof. Joachim Henkel



Dr. Reto Naef



Prof. em. Ulrich W. Suter

¹⁴ Exemples: les centres de données de recherche de Statistics Denmark, l'Institut de recherche sur le marché du travail et la formation professionnelle (Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, IAB) de l'Institut national pour la formation professionnelle (Bundesinstitutes für Berufsbildung, BIBB) ou encore la Banque fédérale.

¹⁵ En Suisse, les structures fédérales, la démocratie directe et la diversité des régions linguistiques permettent par exemple des analyses économiques causales de thèmes tels que la politique de la formation, du marché du travail ou la politique fiscale dans différents contextes (p. ex. selon des conditions-cadres cantonales, selon diverses normes sociales ou régions linguistiques).



MANAGEMENT SUMMARY



Le Parc suisse d'innovation, inauguré officiellement en 2016, joue un rôle important dans le transfert de savoir et de technologie. Il rassemble les chercheurs et les entreprises autour de ses cinq sites, dont deux se situent respectivement à proximité de l'EPFL et de l'ETHZ. Parmi les axes de recherche du « Switzerland Innovation Park Basel Area » figurent les domaines de la santé et des technologies médicales. Dans le cadre du projet « Miracle », les chercheurs de l'Université de Bâle projettent de mettre au point une technique de chirurgie mini-invasive grâce à la technologie laser et à la robotique. Ils développent également de nouvelles technologies de pilotage qui permettraient, durant les interventions chirurgicales, de contrôler avec une précision maximale le système laser guidé par un robot. Illustration : S-GE, Daniel Winkler

Partie A: Le système suisse de recherche et d'innovation

La Partie A donne un aperçu du système suisse de recherche et d'innovation. Elle présente les conditions-cadres, les acteurs, les compétences des pouvoirs publics et les bases légales. Elle décrit en outre le financement de la recherche et de l'innovation, les principaux instruments nationaux et internationaux d'encouragement en la matière ainsi que le transfert de savoir et de technologie.

Conditions-cadres

La répartition des tâches entre économie privée et pouvoirs publics en matière de recherche et d'innovation repose sur deux constantes de la politique suisse : la subsidiarité et l'ordre économique libéral. Le secteur privé joue par conséquent un rôle de premier plan. De manière générale, la recherche et l'innovation se déroulent dans un système complexe où les responsabilités sont en partie imbriquées.

En ce qui concerne les conditions-cadres générales régissant la recherche et l'innovation, la Suisse se distingue par sa stabilité politique, sa sécurité et sa qualité de vie. La place prépondérante qu'occupent l'organisation du marché et l'initiative privée est également un aspect déterminant. Les régulations et les interventions de l'État sont modérées. Les marchés du travail, des capitaux et des biens et services sont mus par la concurrence. L'accès aux marchés internationaux est ouvert grâce à des accords bilatéraux et multilatéraux, ce qui permet à l'économie de jouir d'une flexibilité et d'une mobilité importantes. En comparaison internationale, la Suisse dispose en outre d'infrastructures bien développées et modernes. Enfin, l'environnement fiscal est relativement favorable.

La liberté scientifique fait partie des conditions-cadres spécifiques à la recherche et à l'innovation. La Confédération et les cantons maintiennent par ailleurs un système éducatif misant sur la complémentarité des offres de formation professionnelle et académique. Ce système éducatif présente une perméabilité aussi bien au sein de ces deux voies qu'entre elles. Ces caractéristiques permettent d'assurer la formation de professionnels et de cadres qualifiés tout au long de la chaîne de production de valeur, un facteur clé pour les performances de la Suisse en matière de recherche et d'innovation. La Suisse se distingue en outre par l'existence d'instruments d'encouragement éprouvés et de règles claires de protection de la propriété intellectuelle.

Les acteurs

En Suisse, le secteur privé est l'acteur principal de la capacité d'innovation. Près de deux tiers des activités de recherche et développement (R-D) sont financées et réalisées par des multinationales ainsi que par des petites et moyennes entreprises. Le secteur privé, dont les entreprises opèrent souvent à l'échelle internationale, s'engage en premier lieu dans la recherche appliquée et le déve-

loppement technologique. Ce faisant, il collabore régulièrement avec des hautes écoles, en particulier des hautes écoles spécialisées.

Avec ses hautes écoles universitaires, dont font partie les deux écoles polytechniques fédérales (Zurich et Lausanne) et les dix universités cantonales, ses hautes écoles spécialisées et ses hautes écoles pédagogiques, le paysage suisse des hautes écoles offre un large éventail de possibilités d'études et de recherche. Les prestations des hautes écoles sont reconnues au niveau international. Les hautes écoles universitaires se consacrent principalement à la recherche fondamentale et à l'enseignement fondé sur la recherche. Les hautes écoles spécialisées, elles, se concentrent sur la recherche appliquée et le développement (Ra&D). Outre l'enseignement (formation et formation continue) et la recherche, le mandat de prestations des hautes écoles porte sur le transfert de savoir et de technologie et sur des prestations à des tiers. Les hautes écoles sont toutes intégrées dans des réseaux internationaux, ce qui constitue un élément important pour la recherche et l'innovation en Suisse.

De nombreux établissements de recherche indépendants, soutenus par la Confédération contribuent également à la création d'une valeur scientifique ajoutée. Enfin, la recherche sectorielle effectuée par l'administration fédérale fait de cette dernière un autre acteur de la recherche et de l'innovation. Les mandats de recherche correspondants sont réalisés par les services de l'administration eux-mêmes ou confiés à des hautes écoles ou à des entreprises privées.

Les compétences des pouvoirs publics

L'encouragement de la recherche et de l'innovation par le secteur public relève avant tout de la compétence de la Confédération. Il est placé pour l'essentiel sous la responsabilité du Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche ainsi que du Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation, qui lui est rattaché.

La loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI) réglemente, en tant que loi-cadre, les tâches et l'organisation de l'encouragement de la recherche et de l'innovation par la Confédération, sur le plan national et international. Elle définit également la mission, les procédures et les compétences des organes d'encouragement.

La loi fédérale sur l'encouragement et la coordination des hautes écoles (LEHE) charge la Confédération de veiller avec les cantons à la coordination, à la qualité et à la compétitivité du domaine suisse des hautes écoles. Par son engagement dans le domaine de la recherche, ce dernier fournit des contributions importantes aux activités d'innovation qui en découlent.

Les cantons sont responsables des universités, des hautes écoles spécialisées et des hautes écoles pédagogiques. À ce titre ils assument aussi des responsabilités dans le domaine de l'encouragement de la recherche et de l'innovation. Ils encouragent en outre la création d'entreprise et favorisent des réseaux régionaux, seuls ou en rassemblant les efforts de plusieurs cantons. Certaines villes et communes interviennent comme acteurs de l'encouragement de l'innovation, par exemple lors de l'établissement de parcs technologiques ou de parcs d'innovation.

Finances

En 2017, le volume de la recherche et développement (R-D) exécutée en Suisse s'est chiffré à 22,5 milliards de francs suisses, soit environ 3,4 % du produit intérieur brut (OFS, 2017). La Suisse fait ainsi partie des pays qui consacrent proportionnellement le plus de moyens à la R-D.

La majeure partie des dépenses est prise en charge par le secteur privé, qui finance et exécute environ deux tiers des activités de R-D. La Confédération et les cantons financent, quant à eux, un bon quart de la R-D. L'essentiel des fonds publics est octroyé au domaine des EPF, aux universités cantonales et aux hautes écoles spécialisées.

Les dépenses des filiales d'entreprises suisses à l'étranger en faveur de la R-D sont également substantielles: en 2017, elles n'étaient que légèrement inférieures à celles du secteur privé sur la place suisse.

Encouragement national, régional et cantonal

L'approche bottom-up est l'un des fondements de l'encouragement de la recherche et de l'innovation par le secteur public: les entreprises et les chercheurs prennent eux-mêmes l'initiative d'activités de recherche et d'innovation, et ils en assument la responsabilité et les risques. En comparaison internationale, la Suisse se montre réticente à prescrire des thèmes et des programmes de manière top-down. L'allocation compétitive des fonds publics selon des critères d'excellence constitue un autre principe. Les contributions ne sont en règle générale pas versées directement à des entreprises. La flexibilité des acteurs de l'économie et des hautes écoles, la diffusion rapide des innovations à travers les réseaux ainsi que le soin apporté à maintenir l'attrait de l'éducation et de la recherche suisses pour les personnes talentueuses et les professionnels du monde entier sont autant d'autres atouts.

La Confédération soutient la recherche et l'innovation pour l'essentiel par le biais des deux organes d'encouragement que sont le Fonds national suisse (FNS) et l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation Innosuisse. Ces organes évaluent et sélectionnent les projets soumis par voie de concours. Le FNS est la principale institution suisse d'encouragement de la recherche scientifique. Il accorde une attention particulière à la relève scien-

tifique. Innosuisse est l'agence de la Confédération chargée d'encourager l'innovation basée sur la science. Elle œuvre pour le transfert de savoir entre les institutions de recherche publiques et les entreprises et encourage entre autres les start-up à vocation scientifique.

La nouvelle politique régionale (NPR) de la Confédération, dont la gestion incombe au Secrétariat d'État à l'économie (SECO), vise à renforcer la compétitivité des régions en encourageant l'esprit d'entreprise et l'innovation au niveau local. Les cantons encouragent, eux aussi, l'innovation et l'économie – en partie grâce au soutien de la politique régionale de la Confédération. Enfin, de nombreuses fondations jouent un rôle important en encourageant la recherche et l'innovation.

Collaboration internationale

Les coopérations internationales permettent aux acteurs suisses d'accéder aux réseaux internationaux et apportent des avantages scientifiques et économiques à la Suisse.

La participation de la Suisse aux programmes-cadres de l'Union européenne (UE) pour la recherche et l'innovation occupe une place centrale. Des chercheurs actifs en Suisse prennent part à ces programmes-cadres depuis 1988, et ce, que la Suisse ait le statut de pays tiers ou de pays associé. Les programmes-cadres de recherche de l'UE représentent actuellement la principale source publique de financement de la recherche et de l'innovation des entreprises suisses, en particulier des PME.

La Suisse est également membre et partenaire d'autres programmes, infrastructures et initiatives menés dans le cadre de la coopération internationale en matière de recherche et d'innovation. Elle est par exemple membre de l'Agence spatiale européenne (ESA) et État-siège et membre du Laboratoire européen pour la physique des particules (CERN) sis à Genève. Ces participations permettent notamment aux acteurs suisses de la recherche et de l'innovation d'accéder à un vaste savoir et à des infrastructures de recherche très onéreuses pour réaliser des expériences.

Enfin, la Confédération dispose de programmes bilatéraux d'encouragement de la coopération avec des pays prioritaires hors d'Europe ainsi que d'un réseau composé de consulats scientifiques répartis dans le monde et de conseillers pour la science et la technologie en poste dans les ambassades suisses.

Transfert de savoir et de technologie

Le transfert de savoir et de technologie (TST) entre entreprises ou entre entreprises et hautes écoles revêt une importance croissante pour le succès de l'innovation. Il s'agit d'échanger des informations, des compétences et des résultats de R-D et de les transformer en produits et services commercialisables.

Au cours du temps, des services de transfert de technologie ont vu le jour sous diverses formes institutionnelles et avec divers contenus, pour encourager le TST. Le Parc suisse d'innovation joue également un rôle important dans le TST en reliant la science et l'économie sur ses deux sites principaux (hubs), situés à proximité des deux EPF, et ses trois sites secondaires. Enfin, la plupart des cantons et de nombreux grands centres urbains possèdent des parcs technologiques, lieux propices au TST.

Partie B: La recherche et l'innovation suisses en comparaison internationale

La Partie B a pour objectif d'examiner la position internationale de la Suisse en matière de recherche et d'innovation en la comparant à d'autres économies avancées et émergentes.¹ Dans son ensemble, l'analyse présente une très bonne image de la Suisse qui se hisse aux premières places pour la grande majorité des indicateurs permettant de mesurer les investissements, les interactions et les performances d'un système de recherche et d'innovation.

Les écarts entre les pays de référence ont toutefois tendance à s'amenuiser. De plus, les pays établis depuis quelques années déjà en tant que leaders de la recherche et de l'innovation (y compris la Suisse) sont aujourd'hui concurrencés par des pays comme la Chine, la Corée du Sud, Singapour ou encore Israël. Une attention particulière doit donc être portée sur les domaines où la Suisse a un potentiel d'amélioration et sur lesquels elle pourrait perdre du terrain.

Conditions-cadres de la recherche et de l'innovation

De bonnes conditions-cadres sont une condition préalable essentielle au succès d'un pays en matière de recherche et d'innovation. Aux côtés de Singapour et du Danemark, la Suisse offre les meilleures conditions-cadres pour le développement d'activités de recherche et d'innovation: la grande stabilité politique, des infrastructures et des prestations publiques de qualité ainsi que de bonnes conditions de vies au sein des centres économiques font de la Suisse une place particulièrement attractive pour les chercheurs. De plus, le faible taux d'imposition des entreprises et un marché du travail flexible permettent à la Suisse de maintenir et d'attirer les entreprises innovantes.

La Suisse se classe en revanche dans les derniers rangs des pays de référence en ce qui concerne l'e-gouvernance: la présence et la qualité des services publics en ligne y est en comparaison internationale relativement faible.

Éducation et qualifications

La recherche et l'innovation suisses peuvent s'appuyer sur la qualité du système dual de formation suisse où la formation professionnelle joue un rôle important. De plus, la Suisse se caractérise par un niveau de formation globalement élevé: en 2018, plus de la moitié de sa population de 25 à 34 ans est au bénéfice d'un diplôme du degré tertiaire. Seuls la Corée du Sud et le Japon présentent des taux plus élevés. Pour ces diplômés du degré ter-

tiaire, la tendance entre les jeunes femmes et les jeunes hommes s'est fortement inversée en Suisse au cours des quinze dernières années: alors que 25 % des jeunes femmes de 25-34 ans étaient au bénéfice d'un diplôme du degré tertiaire en 2005 (37 % chez les hommes), ce taux est aujourd'hui de 54 % (49 % chez les hommes).

L'internationalisation du degré tertiaire est très marquée en Suisse. Avec le Royaume-Uni et l'Autriche, la Suisse fait partie des pays les plus attractifs pour les étudiants étrangers du degré tertiaire. C'est particulièrement vrai pour les doctorants: en Suisse, plus d'un doctorant sur deux est étranger et provient de l'Union européenne dans plus de trois quart des cas.

Personnel actif dans le domaine de la recherche et de l'innovation

La Suisse se caractérise par l'excellence de son capital humain: plus de 40 % de la population active en Suisse est employé à la création, à la diffusion et à l'application de connaissances scientifiques et technologiques. Elle figure cependant dans la moyenne des pays de référence quant à la part du personnel de R-D dans l'emploi et compte notamment une part relativement faible de chercheurs. Sur ces indicateurs, les pays nordiques se démarquent des autres pays.

Le recrutement de chercheurs, de techniciens et de personnel de soutien de R-D étrangers dans les entreprises privées et les hautes écoles est un facteur clé pour le développement des activités de recherche et d'innovation en Suisse. De 2000 à 2017, le nombre d'employés de la R-D étrangers dans les hautes écoles et les entreprises a doublé. En 2017, le personnel étranger représente 43 % du personnel de R-D des hautes écoles (28 % en 2000) et 42 % du personnel de R-D des entreprises privées (32 % en 2000). En 2017, plus de la moitié des chercheurs du domaine des hautes écoles (52 %) et du secteur des entreprises privées (51 %) sont étrangers.

En Suisse, les femmes représentent 35 % du total des chercheurs actifs, un taux élevé en comparaison des pays de référence. Toutefois, le phénomène du tuyau percé y reste marqué: alors que 53 % des étudiants du master sont des femmes, elles ne sont que 23 % à occuper par la suite des postes de professeures ou des positions de chercheuses seniors au sein de l'académie. La part des professeures et chercheuses seniors dans les domaines de recherche des sciences médicales, de la santé et des sciences naturelles est plus faible en Suisse qu'au sein de l'Union européenne.

¹ Les pays retenus pour l'analyse sont l'Allemagne, l'Autriche, la Chine, la Corée du Sud, le Danemark, les États-Unis, la Finlande, la France, Israël, l'Italie, le Japon, la Norvège, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, Singapour et la Suède.

Financement et dépenses de recherche et développement

Derrière la Corée du Sud et Israël, la Suisse continue à faire partie des pays qui investissent le plus dans la R-D par rapport à leur PIB. En Suisse, comme dans la majorité des pays de référence, les entreprises privées assument plus de 60 % du total de ces dépenses. Les hautes écoles suisses jouent également un rôle important en comptant quasiment le tiers restant du total des dépenses de R-D.

En 2017 – pour la première fois depuis 2000 – on observe cependant en Suisse un ralentissement de la croissance du total des dépenses de R-D intra-muros (dépenses pour les activités de R-D réalisées en Suisse). L'observation par secteur indique que ce sont surtout les entreprises de 100 employés et plus qui marquent pour la première fois un arrêt de la croissance de leurs montants consacrés aux activités de R-D.

Pour ce qui est de l'origine des fonds, tout comme dans la plupart des pays de référence, le secteur privé est la principale source de financement de la R-D en Suisse.

Le financement étatique de la dépense intra-muros de R-D est important en Suisse : en dix ans, le financement de la Confédération et des cantons dans la R-D (mesuré en rapportant les financements totaux de l'État au PIB) a connu la plus forte progression de tous les pays de référence.

Participation aux programmes-cadres de recherche de l'UE

La participation aux programmes-cadres de recherche (PCR) de l'Union européenne est l'une des priorités de la politique suisse de recherche et d'innovation. Participer à ces programmes permet aux institutions, aux entreprises et aux chercheurs présents en Suisse de collaborer avec des partenaires étrangers de choix, d'échanger des savoirs et d'utiliser des infrastructures communes de pointes.

Le nombre de participations suisses aux PCR a été multiplié par six depuis 1992. Ces PCR sont essentiels aux projets de recherche des institutions du domaine des EPF et des universités cantonales. En effet, depuis 1992, 2,3 milliards de francs au total ont été captés par les institutions du domaine des EPF et 1,7 milliard de francs par les universités cantonales. Les PCR sont en outre la première source de financement public des activités de recherche et d'innovation des PME (820 millions de francs depuis 1992) et des industries suisses (638 millions de francs depuis 1992).

En raison de l'acceptation de l'initiative « Contre l'immigration de masse » en 2014, la Suisse dénombrera à la fin du 8^e PCR Horizon 2020 (2014–2020) moins de participation que lors du 7^e PCR (2007–2013). En observant cependant le nombre de participations suisses dans le cadre d'Horizon 2020 et la somme totale

des contributions allouée aux institutions en Suisse, la Suisse se place comme le premier partenaire de la recherche européenne des pays non-membres de l'UE. De plus, le taux de succès élevé des propositions de projets provenant de Suisse dans les PCR souligne la qualité de la recherche qui y est menée.

Publications scientifiques

La Suisse et le Danemark sont les pays qui comptent le plus de publications scientifiques par habitant. Malgré la concurrence accrue de pays comme la Chine et Singapour, la Suisse continue à enregistrer un volume de production scientifique honorable au vu de sa taille ainsi qu'un impact élevé de ses publications scientifiques.

Que ce soit en termes de production ou d'impact, les domaines « Médecine clinique », « Sciences de la vie » et « Physique, chimie et sciences de la Terre » ont une place dominante en Suisse. On note également que, malgré leur faible part dans le total des publications, les publications suisses du domaine « Sciences techniques et de l'ingénieur, informatique » ont un impact international élevé.

Le succès de la Suisse dans la recherche et les publications scientifiques est dû en partie au fait qu'elle est bien intégrée dans les réseaux internationaux et à la fréquence de ses coopérations avec des institutions étrangères. Sur la période 2014–2018, 85 % des publications helvétiques sont le fruit de collaborations internationales.

Brevets

Les demandes d'enregistrement de brevets permettent d'appréhender l'exploitation technologique et commerciale des connaissances issues de la recherche d'une économie.

Proportionnellement au nombre d'habitants, la Suisse compte le plus de demandes d'enregistrement de brevets internationaux devant le Japon et la Suède. En matière de brevets, la Suisse est le pays qui collabore le plus avec l'étranger : 42 % des inventions brevetées au niveau international sont le fruit de collaborations internationales, et plus précisément, 30 % avec des inventeurs résidant au sein de l'Union européenne.

Le savoir acquis en Suisse est également exploité par les entreprises étrangères : environ un tiers des demandes internationales de brevets déposées avec le nom d'inventeurs établis en Suisse sont contrôlées par des entreprises étrangères. La Suisse fait alors partie des cinq pays les plus attractifs pour les investissements étrangers réalisés dans l'acquisition de nouveaux savoirs.

Au regard des domaines technologiques, la Suisse est particulièrement spécialisée dans les technologies de la santé et les biotechnologies. Elle ne présente en revanche aucune spécialisation

particulière dans les domaines des technologies de l'environnement (Japon en tête), les nanotechnologies (dominé par Singapour) et les technologies de l'information et de la communication (Chine en tête).

Technologie de l'information et de la communication

En comparaison internationale, la Suisse souligne sa forte orientation numérique. Une part importante de sa population est employée dans la production de biens et services TIC, plus particulièrement dans le développement de logiciels et de bases de données. Ces emplois TIC résultent en partie de l'importante capacité de la formation professionnelle initiale à former des spécialistes TIC, et ce depuis le début des années 2000.

Au regard de la recherche et de l'innovation TIC, bien que les dépenses de R-D et les investissements en capital-risque dans le secteur TIC soient relativement faibles en comparaison avec les pays leader en la matière (États-Unis, Israël, Corée du Sud), les publications en sciences informatiques et les brevets déposés dans le domaine de l'intelligence artificielle provenant de Suisse font partie des meilleurs mondiaux en terme de qualité.

En ce qui concerne la cybersécurité, la Suisse fait toutefois partie des pays de référence les moins bien préparés. Les entreprises suisses, et surtout les PME, recourent également moins souvent aux services du Cloud computing qu'une majorité de pays de référence (notamment les pays nordiques).

Transfert de savoir et de technologie

En Suisse, le lien étroit entre les hautes écoles et les entreprises est un facteur de succès pour la recherche et l'innovation. Le transfert de savoir et de technologie (TST) désigne cet échange de connaissances entre les instituts scientifiques publics et les entreprises privées. Les activités de TST permettent non seulement de créer des réseaux de coopération propices au développement d'innovations, mais également à la valorisation économique du savoir scientifique et à l'intégration de savoirs pratiques au sein de la recherche académique.

Un quart des entreprises suisses prennent part aux activités de TST. Ces activités de TST se font le plus souvent par le biais de contacts informels (p. ex. lors de conférences, ou lors de la consultation de publications scientifiques) ainsi que par le biais de contacts directs entre l'entreprise et la haute école (les étudiants, les diplômés ou les chercheurs). La principale motivation des entreprises à prendre part au TST est la volonté d'acquérir du capital humain et, dans une moindre mesure, d'avoir accès aux résultats de la recherche. En Suisse, les hautes écoles spécialisées et le domaine des écoles polytechniques fédérales sont les premiers partenaires TST des entreprises.

La Suisse n'échappe en revanche pas à la corrélation très forte entre taille de l'entreprise et intensité des activités de TST. De plus, une part importante des entreprises souligne que le manque d'intérêt et de ressources internes pour effectuer de la R-D les empêchent de prendre part à des activités de TST. Le manque d'intérêt des hautes écoles pour les questions de R-D des entreprises et un certain manque d'esprit entrepreneurial du côté des hautes écoles sont aussi soulignés comme des barrières au TST.

Entrepreneuriat

Les jeunes entreprises peuvent proposer des produits nouveaux ou améliorés et apporter un soutien aux entreprises établies dans des domaines de compétences spécifiques. L'activité entrepreneuriale et la présence d'attitudes entrepreneuriales au sein de la population d'un pays est alors cruciale pour le développement d'innovations.

On remarque en Suisse que ce sont aussi bien les 25–34 ans que les 45–54 ans qui entreprennent le plus. La part de la population active ayant récemment lancé ou gérant une nouvelle entreprise reste cependant bien plus faible qu'aux États-Unis, en Corée du Sud et en Israël. La population active en Suisse exprime surtout ne pas avoir les compétences requises pour ce faire et une certaine peur de l'échec. De plus, l'entrepreneuriat comme choix de carrière semble être bien moins encouragé en Suisse que dans une large majorité des pays de référence.

Hormis l'accès aux ressources financières – une condition-cadre très favorable aux États-Unis – la Suisse offre un terreau relativement fertile à la création de jeunes pousses innovantes. En Europe, les conditions-cadres pour lancer son entreprise sont particulièrement favorables aux Pays-Bas et en Autriche.

Activités d'innovation des entreprises

La part des entreprises innovantes est en diminution en Suisse. Dans l'industrie, cette part est passée de 67 % en 2006 à 55 % en 2016. Pour ce qui est du secteur des services, la part des entreprises innovantes est passée de 54 % en 2006 à 44 % en 2016. Alors que ces deux parts étaient les plus élevées des pays de référence au début des années 2000, la Suisse, bien que toujours dans les pays de tête, se place aujourd'hui derrière la Finlande et les Pays-Bas. Ces deux pays marquent une forte progression depuis 2012. Les derniers résultats de 2016 soulignent aussi une réduction significative des écarts entre les pays.

En Suisse, la part des produits innovants dans le chiffre d'affaires des entreprises de l'industrie se situe dans la moyenne des pays de référence (l'Allemagne et les Pays-Bas en tête). Pour les entreprises du secteur des services, cette part est relativement élevée en comparaison des pays de référence (seules les entreprises italiennes font légèrement mieux). Au regard de la taille des entreprises, ce sont les petites entreprises suisses (10–49 employés)

du secteur des services qui ont la part la plus importante de produits innovants dans leur chiffre d'affaires.

Toutefois, les entreprises suisses commercialisent moins de produits nouveaux pour le marché qu'une majorité des pays de référence (notamment les Pays-Bas et l'Italie). C'est surtout vrai pour le secteur des services. Dans la majorité des cas, les innovations commercialisées sont uniquement nouvelles pour l'entreprise. En Suisse, rares sont donc les entreprises innovantes qui lancent des produits ou des services qui n'existaient auparavant pas sur le marché.

Mutations structurelles

L'économie suisse figure parmi les économies avancées capables d'aborder activement les nouvelles tendances du marché, de saisir le potentiel des transformations technologiques et de réagir aux modifications structurelles de la demande et de la concurrence : les branches à forte intensité de recherche et d'innovation regroupées dans les sous-secteurs de l'industrie de haute technologie et des services modernes correspondent en effet à plus de la moitié de la valeur ajoutée nominale. Seuls les États-Unis, l'Allemagne et la Corée du Sud obtiennent des taux similaires.

Depuis 2000, on remarque en Suisse une baisse marquée de la part de l'industrie de faible technologie à la valeur ajoutée nominale. En contrepartie, on y observe une hausse de la part des services. Cette observation peut être faite dans la quasi-totalité des pays de référence. En Suisse, comme dans la plupart des pays de référence, cette progression provient surtout de l'augmentation de la part des services modernes à la valeur ajoutée nominale.

La Suisse comparée aux régions-phares de l'innovation

La comparaison affinée de la Suisse avec 21 régions-phares internationales fortement orientées vers la recherche et l'innovation confirme globalement sa très bonne position. La Suisse ne se détache cependant pas aussi clairement que lors de la comparaison faite avec les pays de référence.

Ainsi, la part des dépenses intra-muros de R-D rapportée au PIB est nettement supérieure dans huit autres régions-phares de l'innovation dont notamment la baie de San Francisco et la grande région de Daejeon. Au regard des pays voisins, seule la région du Bade-Wurtemberg investit plus que la Suisse dans la R-D en fonction de son PIB.

En matière de volume de publications scientifiques par habitant, la Suisse n'est devancée que par trois régions nord-américaines : les grandes régions de Boston et de New-York ainsi que la baie de San Francisco. En Europe, la grande région de Paris se rapproche du taux suisse.

Pour ce qui est des brevets par habitant, la Suisse est uniquement devancée par la région de la baie de San Francisco. La grande région de Paris, la Bavière et le Bade-Wurtemberg sont les régions européennes les plus proches du taux suisse, toutefois nettement distancées.

Bien que le nombre d'entreprises innovantes diminue en Suisse, seule la région du Bade-Wurtemberg présente une part plus élevée d'entreprises innovantes dans le total de ces entreprises. Les régions de Bavière ainsi que de Lombardie et Piémont enregistrent des taux proches à celui de la Suisse.

Enfin, pour ce qui est de la part de l'emploi consacrée aux branches à forte intensité de savoir, la Suisse figure en sixième position. Les trois premières places sont occupées par le Bade-Wurtemberg, la Bavière et la grande région de Paris.

Partie C: Thèmes spécifiques

La partie C contient sept études scientifiques portant sur des thèmes d'importance centrale pour le système suisse de recherche et d'innovation.

Étude 1: Contribution de la formation professionnelle à l'innovation

En Suisse, la formation professionnelle apporte une contribution essentielle à l'innovation dans les entreprises et à la capacité d'innovation de l'ensemble de l'économie. Elle garantit que les travailleuses et travailleurs bénéficient des qualifications professionnelles requises pour innover. Elle leur propose aussi de nombreuses possibilités de qualifications supérieures. Elle contribue ainsi à faire progresser les innovations et crée les conditions optimales pour faire face à la transition induite par l'innovation sur le marché du travail. La présente étude fait ressortir les caractéristiques du système suisse de formation professionnelle qui sont importantes pour la capacité d'innovation et indique les principaux défis à relever. On distingue à cet égard trois niveaux (système, entreprise et individu).

Étude 2: L'apport des sciences humaines et sociales à l'innovation

Représentant près des deux tiers de l'ensemble des personnes enregistrées dans les hautes écoles, les sciences humaines et sociales occupent une place importante dans le système suisse de formation, de recherche et d'innovation. Toutefois, leur contribution à l'innovation n'est souvent pas reconnue, ou pas correctement perçue. La présente étude a donc examiné la contribution que les sciences humaines et sociales apportent aussi bien aux innovations commerciales qu'aux innovations sociales. Les résultats de l'étude montrent que les innovations sont le résultat d'un apport interdisciplinaire. L'innovation n'est donc pas uniquement examinée sous l'angle des sciences dites exactes. Par leurs fonctions spécifiques – développer et organiser, donner du sens, fournir un cadre et introduire conjointement des innovations dans la société – les sciences humaines et sociales jouent donc un rôle clé dans le système suisse de l'innovation.

Étude 3: Innovations dans le domaine des services

Le secteur des services joue un rôle significatif dans l'économie suisse. Toutefois, les conditions, les processus et les conséquences des innovations dans ce secteur sont encore (trop) peu compris. Ce déficit de connaissances est particulièrement grave à une époque où le numérique ouvre continuellement de nouveaux champs d'application. Dans la présente étude, trois branches sélectionnées sont analysées de plus près, sous la forme d'études de

cas en matière d'innovation et de changement structurel: d'une part, les services à forte intensité de connaissances et les banques, secteurs exposés à la concurrence, et d'autre part, le secteur de la santé. Les principaux résultats tirés de ces études de cas sont les suivants: 1) Il existe d'importantes différences entre les innovations des secteurs analysés et les innovations traditionnelles dans l'industrie. 2) Les innovations rendues possibles par le numérique ont divers effets sur le changement structurel. 3) Il subsiste des potentiels significatifs d'innovation, mais aussi des obstacles à l'amélioration de la productivité des différents services. 4) La formation initiale et continue ainsi qu'une mise en réseau plus intense peuvent grandement contribuer au renforcement d'innovations de services à plus forte intensité de connaissances. 5) Pour procéder au monitoring, il faut adapter et étendre les enquêtes sur l'innovation.

Étude 4: Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des entreprises

La présente étude analyse l'ampleur et l'efficacité du transfert de savoir et de technologie (TST) entre les hautes écoles et les entreprises du secteur privé en Suisse. À cet égard, les auteurs ont réalisé une enquête écrite auprès de quelque 6000 entreprises et ont procédé à des estimations économétriques. Les résultats de l'étude montrent clairement le haut degré de pertinence du TST en Suisse. Les contacts informels ainsi que les activités de formation initiale et continue sont les formes de transfert les plus importantes. Les services de transfert de technologie et l'agence d'encouragement Innosuisse sont les principaux intermédiaires et acteurs du TST. Les institutions du domaine des EPF et les hautes écoles spécialisées sont les partenaires de transfert les plus fréquents des entreprises. Le nombre de raisons qui empêchaient les entreprises de participer au TST a globalement diminué au fil du temps. Les conditions requises qui font défaut dans les entreprises constituent fréquemment une entrave à la participation au TST. Certaines entreprises actives dans le domaine de la R-D citent certaines lacunes des hautes écoles comme barrières d'accès au TST. En font par exemple partie le manque d'information, les conditions requises qui font défaut pour procéder à l'échange de savoir-faire dans les hautes écoles, les aspects liés aux coûts et aux risques ainsi que les obstacles organisationnels et institutionnels.

Étude 5: Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques

La présente étude se concentre sur le transfert de savoir et de technologie (TST) entre, d'une part, les hautes écoles et les institutions de recherche suisses (organisations scientifiques) et, d'autre part, les entreprises. L'échange de savoir est particulièrement im-

portant entre les instituts des hautes écoles spécialisées qui collaborent intensivement avec les PME suisses. Les instituts du domaine des EPF présentent une intensité d'échange de savoir également élevée. Leur nombre de demandes de brevets, de contrats de licence et de spin-off comparativement important est frappant. Une bipartition a lieu entre les instituts des universités cantonales: près de la moitié des instituts universitaires, dont une multitude se rattachant aux sciences naturelles, présentent un comportement comparable aux instituts des EPF. L'autre moitié attribue une plus grande importance à la recherche fondamentale et à l'enseignement ainsi qu'aux prestations au bénéfice de la société (p. ex. des prestations médicales). D'importantes organisations intermédiaires (p. ex. les agences publiques d'encouragement, les offices de TST) se caractérisent par le fait qu'elles sont plus ancrées dans une haute école ou une organisation de recherche et apportent des connaissances des marchés et des clients.

Étude 6: Protection de la propriété intellectuelle et innovation en Suisse

L'étude porte sur le système suisse de protection de la propriété intellectuelle et sur la question de savoir comment il soutient l'innovation. Elle se focalise sur un type particulier de propriété intellectuelle: les brevets. Dans l'ensemble, les inventions sont relativement rarement brevetées en Suisse. En raison de la mondialisation de la recherche et du développement, seules quelques-unes des innovations qui ont vu le jour dans notre pays sont déposées comme demande prioritaire auprès de l'office suisse des brevets. Les déposants de brevets helvétiques déposent souvent leurs brevets auprès de l'Office européen des brevets pour les faire valider ultérieurement en Suisse. De manière générale, les représentants de l'industrie interrogés dans le cadre de cette étude considèrent positivement le système des brevets, mais critiquent souvent son coût, sa complexité et sa lenteur. De leur point de vue, la création du Tribunal fédéral des brevets constitue une évolution positive.

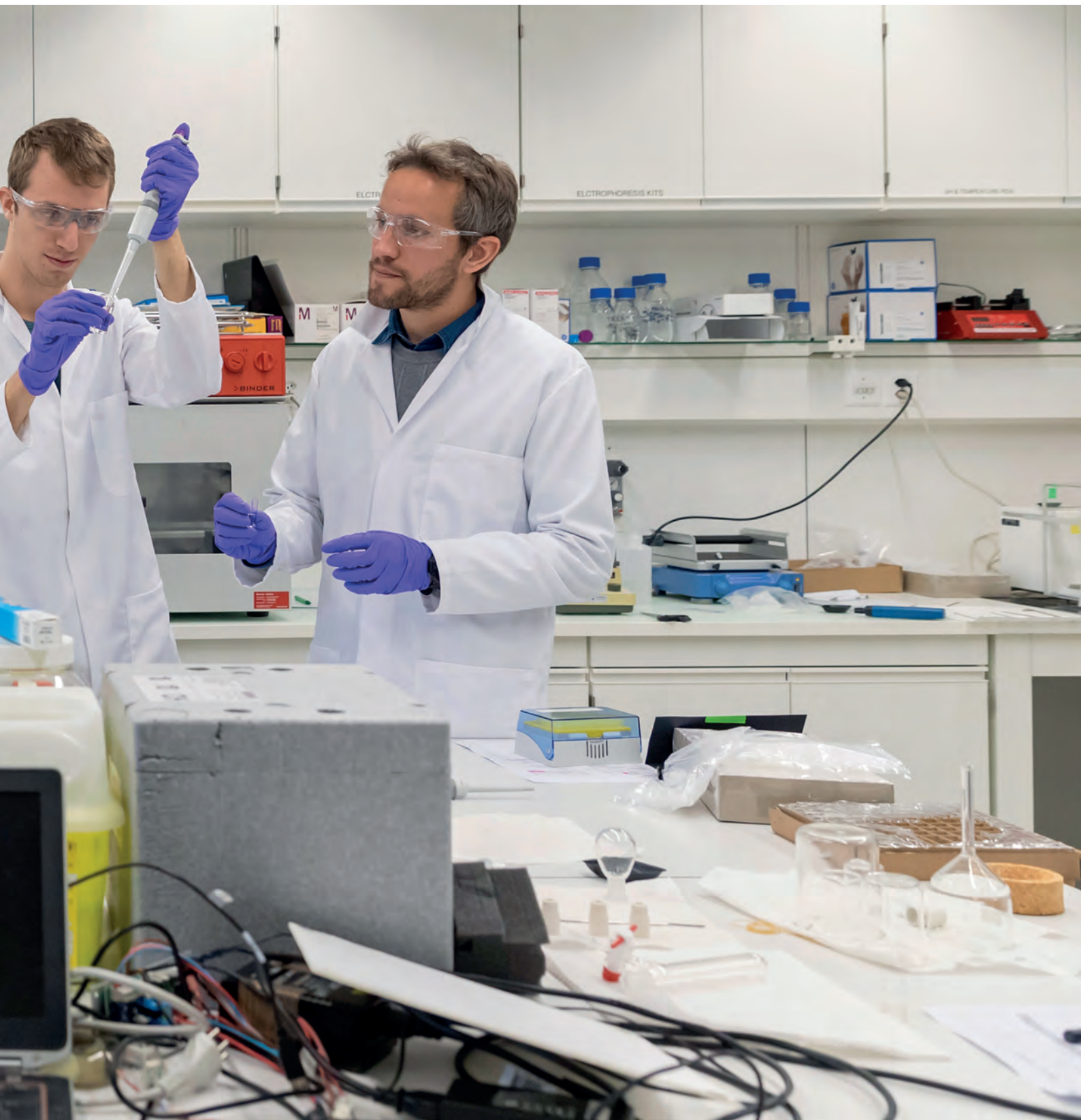
Étude 7: La numérisation, moteur de modèles commerciaux novateurs

La transformation numérique et les innovations qui y sont associées permettent aux entreprises de poursuivre leur croissance. La présente étude examine les modèles commerciaux numériques dans les trois secteurs que sont les banques et les assurances, le commerce ainsi que l'industrie manufacturière – segmentée en industrie chimique, pharmaceutique et en industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM). Les résultats montrent que le degré de numérisation et le traitement général de la thématique diffèrent sensiblement dans les trois secteurs. Ainsi, l'industrie MEM présente d'ores et déjà un niveau élevé de numérisation. Les réglementations et les préoccupations d'ordre sécuritaire des clients existants représentent les obstacles majeurs. Dans tous les secteurs considérés, un fort potentiel subsiste dans le cas du développement continu de produits numé-

riques et de prestations de services ainsi que dans celui de l'offre de solutions intégrées. Une remise en question fondamentale du modèle commercial est particulièrement difficile pour de nombreuses entreprises de tous les secteurs. La formation facilitant les modèles commerciaux numériques pourrait porter remède à cet égard. Toutefois, il faut signaler que la transformation numérique peut emprunter diverses voies, raison pour laquelle chaque entreprise doit déterminer pour elle-même la direction et la vitesse adéquates en fonction de facteurs contextuels.



INTRODUCTION



En 2017, le Fonds national suisse et l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation Innosuisse ont lancé conjointement le programme BRIDGE. Financé par la Confédération, ce programme fait le lien entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Il favorise la mise en application de découvertes scientifiques au bénéfice de la société et l'économie. Le programme a d'ailleurs accordé une subvention aux chercheurs de l'Institut Adolphe Merkle de l'Université de Fribourg pour une étude « Proof of Concept ». Leur projet porte sur l'élaboration d'un test de dépistage rapide de la malaria. Illustration : Jonas Pollard

Objectifs et structure du rapport

Comme le faisait déjà le premier rapport Recherche et innovation en Suisse 2016, l'objectif de cette deuxième édition est d'évaluer la performance du système suisse de recherche et d'innovation (système de R-I), de servir de base de discussion pour identifier les défis à relever dans le domaine FRI et de contribuer à une meilleure compréhension du paysage de la recherche et de l'innovation en Suisse. Conçu comme un ouvrage de référence, il se destine prioritairement aux décideurs politiques (entre autres pour accompagner les débats sur le message du Conseil fédéral relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation).¹ ainsi qu'aux institutions d'encouragement de la recherche et de l'innovation et aux institutions de formation (p. ex. pour la préparation de leurs programmes pluriannuels), mais également à toute personne, organisation ou entreprise intéressée par la recherche et l'innovation en Suisse, sur le plan national et international.

Le rapport a été rédigé sous la responsabilité du Secrétariat d'État à la formation, la recherche et l'innovation SEFRI. Pour son élaboration, ce dernier a fait appel de manière ciblée à des experts du domaine scientifique, de l'économie privée et de l'administration fédérale (voir annexe 3). Cette manière de procéder a permis de garantir la pertinence du choix des questions abordées pour la recherche et l'innovation en Suisse, ainsi que la rigueur des informations, un traitement approprié des thèmes et l'équilibre des points de vue.

Le rapport se compose de trois parties :

1) Description du système suisse de R-I

La Partie A présente les conditions-cadres, les acteurs, les compétences et le financement de la recherche et de l'innovation suisses, ainsi que les principaux instruments d'encouragement aux niveaux national et international.

2) Analyse de la recherche et de l'innovation suisse en comparaison internationale

La Partie B analyse les performances de la recherche et de l'innovation suisses sur la base d'une comparaison avec certains pays et régions fortement orientés vers la recherche et l'innovation.

3) Analyse de questions systémiques ou transversales qui ont un impact important sur le système suisse de R-I

La Partie C est consacrée à sept études thématiques rédigées par des scientifiques.

Le présent rapport n'a pas pour objectif de proposer des mesures de pilotage du système suisse de R-I, ni de procéder à un controlling stratégique de la politique suisse en la matière. Il ne s'agit pas non plus de tenter de déterminer quelles sont les activités porteuses de la prospérité économique de la Suisse. En effet, s'il est généralement admis que la recherche et l'innovation ont un impact positif sur l'économie et la société en général, il est extrêmement difficile, si ce n'est impossible, de mesurer les effets d'une activité prise isolément et de mettre en évidence des causalités précises.

Définition de la recherche et de l'innovation

Le présent rapport adopte une conception large de la recherche et de l'innovation qui inclut des aspects technologiques, scientifiques et sociaux.

Il existe différentes définitions de la recherche et de l'innovation qui sont fonction des acteurs (p. ex. chercheurs, institutions académiques ou représentants de l'économie privée). Celles-ci varient également selon qu'elles se fondent sur un texte législatif ou qu'il s'agit de concepts utilisés par les institutions chargées d'encourager la R-I.

Définitions de la recherche et de l'innovation en Suisse

Dans la **loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI)**, la recherche scientifique est définie comme la recherche méthodique de connaissances nouvelles, que sa finalité première soit l'acquisition de connaissances (recherche fondamentale) ou la contribution à la résolution de problèmes liés à la pratique (recherche orientée vers les applications). L'innovation fondée sur la science recouvre le développement de nouveaux produits, procédés, processus et services, ainsi que leur mise en valeur.

Le **Fonds national suisse (FNS)** distingue trois types de recherche : la recherche qui place le gain de connaissances au premier plan (recherche fondamentale), la recherche axée sur l'application (recherche appliquée) et la recherche englobant ces deux caractéristiques (recherche fondamentale orientée vers l'application). Dans le domaine de la médecine, cette troisième catégorie est appelée « recherche translationnelle ».

Innosuisse, l'agence suisse pour l'encouragement de l'innovation, utilise les termes d'« innovation basée sur la science » et de « recherche orientée vers les applications ».

¹ Avec le présent rapport, le Conseil fédéral a rempli le mandat d'analyse périodique pour les années 2017–2020 inscrit dans le message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation pendant les années 2017 à 2020 (message FRI).

Les définitions de la recherche et de l'innovation peuvent différer d'un pays à l'autre. Pour assurer la prise en compte de l'ensemble des activités scientifiques et technologiques, et garantir la comparabilité internationale des données y relatives, le rapport se réfère (si rien d'autre n'est explicitement mentionné) aux définitions reconnues au niveau international telles que les fournissent le Manuel de Frascati (OCDE, 2015) et le Manuel d'Oslo (OCDE & Eurostat, 2018).

La recherche et développement (R-D) selon le Manuel de Frascati

Le Manuel de Frascati distingue trois types d'activités de R-D :

- La **recherche fondamentale** consiste en des travaux expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquies de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière.
- La **recherche appliquée** consiste en des travaux originaux entrepris en vue d'acquies des connaissances nouvelles et dirigés principalement vers un but ou un objectif pratique déterminé.
- Le **développement expérimental** consiste en des travaux systématiques – fondés sur les connaissances tirées de la recherche et de l'expérience pratique et produisant de nouvelles connaissances techniques – visant à déboucher sur de nouveaux produits ou procédés ou à améliorer les produits ou procédés existants (p. 47).

L'innovation selon le Manuel d'Oslo

La quatrième édition du Manuel d'Oslo, publiée en 2018, définit l'innovation comme suit :

« Une innovation consiste en un produit nouveau ou amélioré ou en un processus nouveau ou amélioré (ou en une combinaison des deux) qui diffère sensiblement des produits ou procédés précédents de l'unité ou mis à la disposition des utilisateurs potentiels (produit) ou mis en service par l'unité (procédé) » (p. 20 ; traduction : SEFRI).²

Cette définition inclut toutes les formes d'innovation³ comme par exemple les innovations réalisées dans les entreprises, le secteur public, le domaine des arts ou du social. Les innovations peuvent poursuivre des objectifs tant économiques que sociaux (chapitre 1, § 1.1; chapitre 2, § 2.2).⁴

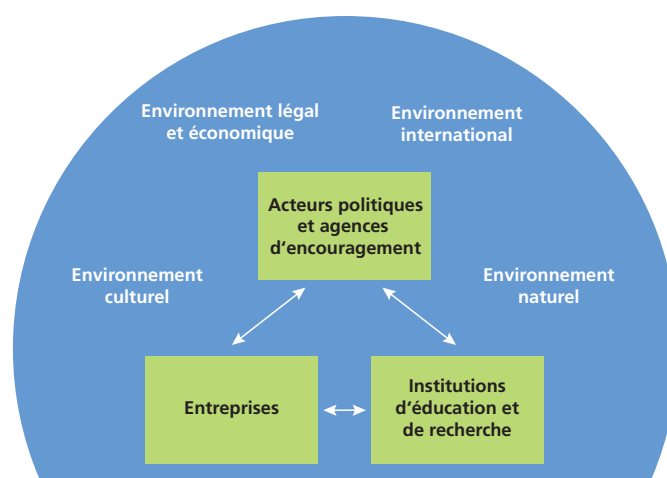
Utilisation des expressions « recherche et développement » et « recherche et innovation »

Le Manuel d'Oslo mentionne huit activités typiques du développement d'une innovation de commercialisation,⁵ parmi lesquelles figure la recherche et développement. Dans le présent rapport, l'expression « recherche et développement » (R-D) est utilisée avant tout en lien avec les informations basées sur des statistiques officielles, ces dernières se rapportant la plupart du temps, à la mesure d'activités de R-D (p. ex. en relation avec les dépenses et le personnel). Cependant, lorsqu'il s'agit d'autres activités et aspects qui ne concernent pas exclusivement la recherche et le développement (p. ex. mesures politiques ou propriété intellectuelle), c'est l'expression « recherche et innovation » (R-I) qui est employée.

Une perspective large sur la recherche et l'innovation

En plus des définitions susmentionnées, le présent rapport se réfère également au concept de « système national d'innovation » (Lundvall, 1992; Nelson, 1993), qui permet d'élargir la perspective en tenant compte du contexte au sein duquel la recherche et l'innovation s'inscrivent.

Le système national d'innovation



Inspiré de Lundvall (1992)

Cette approche prend en considération les interactions entre les institutions et acteurs qui développent et diffusent le savoir et les innovations, ainsi que les effets de rétroaction et les synergies qui en découlent. Ce faisant, elle remet également en question la vision selon laquelle la recherche fondamentale, la recherche orientée vers l'application et l'innovation se succèdent linéairement. La

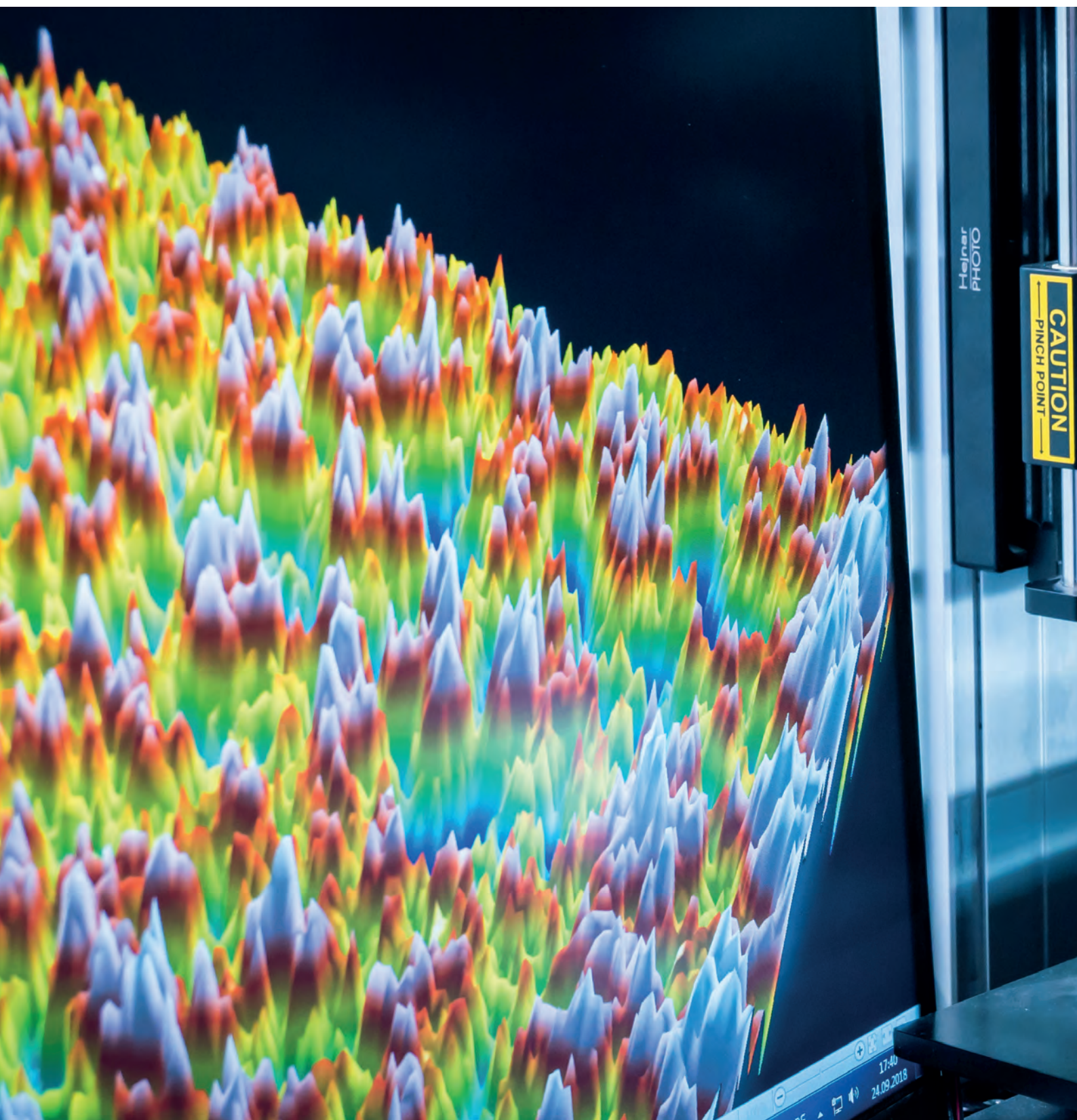
² Texte original: « An innovation is a new or improved product or process (or combination thereof) that differs significantly from the unit's previous products or processes and that has been made available to potential users (product) or brought into use by the unit (process) » (p. 20).

³ L'édition 2018 du Manuel d'Oslo met l'accent sur l'innovation de commercialisation (Business Innovation).

⁴ La contribution des sciences humaines et sociales à l'innovation est analysée dans l'étude 2 de la Partie C.

⁵ (1) R-D; (2) ingénierie, design et autres activités créatives; (3) marketing et branding; (4) protection de la propriété intellectuelle; (5) formation du personnel; (6) développement de logiciels et activités liées aux bases de données; (7) acquisition ou leasing d'immobilisations corporelles; (8) management de l'innovation (p. 34–35).

recherche orientée vers l'application peut inspirer des questionnements pour la recherche fondamentale; et celle-ci peut mener directement à des applications et à des innovations. En outre, l'innovation sans R-D est un phénomène courant.



PARTIE A: LE SYSTÈME SUISSE DE RECHERCHE ET D'INNOVATION



Les centres de compétences technologiques sont des établissements de recherche d'importance nationale et à but non lucratif. Ils mènent des projets d'innovation avec des partenaires de l'économie dans la phase pré-concurrentielle tout en coopérant étroitement avec les hautes écoles. Basé à Zurich, Inspire AG für mechatronische Produktionssysteme und Fertigungstechnik (Inspire SA pour les systèmes de production mécatroniques et les technologies industrielles) compte parmi ces centres de recherche subventionnés de manière subsidiaire par la Confédération. Partenaire stratégique de l'ETH Zurich, Inspire AG est un centre de compétences pour le transfert de technologie vers l'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux dans le domaine de la technique de production. La photo montre l'analyse de la surface d'un composant imprimé 3D. Illustration : Inspire AG

Contenu partie A

1 Conditions-cadres.	35
2 Les acteurs.	36
2.1 Économie privée.	36
2.2 Hautes écoles.	37
2.3 Établissements de recherche d'importance nationale.	39
2.4 Administration fédérale.	40
3 Les compétences des pouvoirs publics.	40
3.1 Confédération.	40
3.2 Cantons, villes et communes.	40
4 Finances.	43
4.1 Flux financiers.	43
4.2 Dépenses de R-D des filiales d'entreprises suisses à l'étranger.	44
5 Encouragement national, régional et cantonal.	44
5.1 Fonds national suisse.	44
5.2 Innosuisse.	45
5.3 Académies suisses des sciences.	46
5.4 Recherche de l'administration fédérale.	47
5.5 Encouragement de la recherche et de l'innovation aux niveaux régional, cantonal et communal.	47
5.6 Fondations.	47
6 Coopération internationale.	48
6.1 Programmes-cadres européens pour la recherche et l'innovation.	48
6.2 Programmes européens de formation et de mobilité.	48
6.3 Infrastructures, initiatives et programmes de coopération internationale en matière de recherche et d'innovation.	49
6.4 Collaboration bilatérale en matière de recherche et d'innovation et réseau swissnex.	49
7 Transfert de savoir et de technologie.	50
7.1 Services de transfert de technologie.	50
7.2 Partenariats public-privé et centres de compétences technologiques.	50
7.3 Parc suisse d'innovation.	51
Annexe.	52

La Partie A¹ donne un aperçu du système suisse de recherche et d'innovation.² Elle présente les conditions-cadres, les acteurs, les compétences des pouvoirs publics, les bases légales, le financement de la recherche et de l'innovation, les principaux instruments nationaux et internationaux d'encouragement en la matière ainsi que le transfert de savoir et de technologie.

1 Conditions-cadres

Un contexte général favorable est la clé pour des performances élevées de recherche et d'innovation ainsi qu'un bon positionnement de la Suisse dans la concurrence internationale.

La stabilité politique, la sécurité ainsi que la qualité de vie font partie des conditions-cadres générales considérées comme ayant un impact positif sur la recherche et l'innovation. Elles créent en effet un contexte favorable pour mener avec succès des activités de recherche et d'innovation sur le long terme et pour implanter des entreprises innovantes. Elles permettent également de recruter des talents en provenance de l'étranger, un enjeu fondamental pour un pays de la taille de la Suisse disposant d'un réservoir limité de ressources humaines.

Par ailleurs, la Suisse se distingue par une économie de marché qui mise sur la compétition et où prime l'initiative privée. En comparaison internationale, elle connaît relativement peu de régulation et d'interventions étatiques. Les marchés du travail, des capitaux et des biens et services sont plutôt mus par la concurrence. L'accès aux marchés internationaux est libre et ouvert grâce à des accords bilatéraux et multilatéraux. L'économie est ainsi en mesure de réagir de manière flexible, d'absorber rapidement les changements et de promouvoir l'innovation.

En comparaison internationale, la Suisse dispose d'infrastructures bien développées qui sont constamment modernisées. Elle bénéficie également d'un environnement fiscal favorable (voir Partie B, chapitre 1).

Parmi les conditions-cadres spécifiques à la recherche et à l'innovation, on trouve notamment le principe de la liberté scientifique : en vertu de la Constitution fédérale (Cst.), l'État respecte et encourage la liberté scientifique des individus et des institutions (art. 20 Cst. ; Schweizer, 2011). Toutefois, la Constitution fédérale oblige aussi le législateur à poser certaines restrictions à la recherche. Par exemple, l'être humain et son environnement doivent être protégés contre les abus en matière de génie génétique (art. 120 Cst.).

Des changements récents dans la fiscalité suisse

Jusqu'à aujourd'hui, les incitations fiscales dans le domaine de la recherche et de l'innovation en Suisse étaient réduites, comparées à ce qui existe dans d'autres pays. Depuis le 1^{er} janvier 2020, les bénéfices provenant de brevets et de droits comparables peuvent être soumis à une imposition réduite au niveau cantonal. Par ailleurs, les cantons peuvent accorder des déductions supplémentaires pour les dépenses de recherche et développement.³

Le système éducatif suisse

Les cantons et la Confédération mettent en œuvre un système éducatif qui repose sur la complémentarité des offres de formation professionnelle et académique. Les deux types de filières sont considérés comme « de même valeur, mais de nature différente ». Il revient à chaque individu de choisir la voie qui correspond le mieux à ses aptitudes et à ses affinités.

Le système éducatif suisse se caractérise par une importante perméabilité, aussi bien dans la dimension verticale qu'horizontale ainsi qu'entre la formation professionnelle et la formation académique. Le principe « pas de diplôme sans passerelle vers d'autres formations » est une condition à l'apprentissage tout au long de la vie.

L'objectif premier du système éducatif suisse est d'assurer la formation de professionnels et de cadres qualifiés tout au long de la chaîne de production de valeur, un atout de taille pour les performances de la Suisse en matière de recherche et d'innovation.

Le système éducatif différencié, caractérisé par ses hautes écoles renommées et sa formation professionnelle solide et orientée vers la pratique, constitue une autre condition-cadre fondamentale à la recherche et à l'innovation suisse.

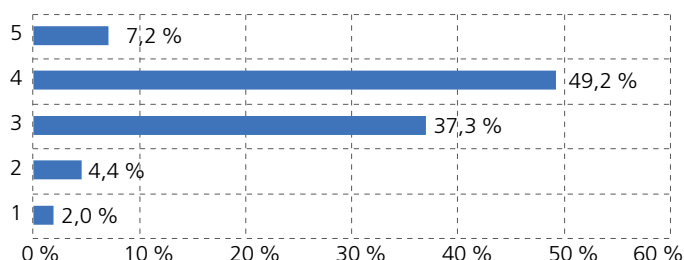
Par ailleurs, la Suisse dispose d'instruments éprouvés d'encouragement de la recherche et de l'innovation (voir chapitre 5) ainsi que de règles claires de protection de la propriété intellectuelle (voir Partie C, étude 6).

¹ La Partie A se base sur un texte rédigé par le Prof. émérite Beat Hotz-Hart (Université de Zurich) pour le rapport 2016. Ce texte a été remanié par le SEFRI et par Urs Hafner (journaliste scientifique) pour l'établissement du présent rapport.

² Concernant la distinction entre « recherche et innovation (R-I) » et « recherche et développement (R-D) », se reporter à l'introduction du rapport.

³ Ces changements sont dus à l'acceptation du peuple suisse de la Loi fédérale relative à la réforme fiscale et au financement de l'AVS (RFFA). En outre, il est possible que les résultats du projet de l'OCDE « Les défis fiscaux soulevés par la numérisation de l'économie » influencent le droit fiscal des entreprises suisses. Dans le cadre de ce projet, l'OCDE élabore des adaptations des principes en vigueur dans le domaine de l'imposition des entreprises multinationales. Les résultats sont attendus courant 2020 (OCDE, 2019a).

Graphique A 1.1 : Confiance de la population suisse dans la science en général, 2019



Échelle de 1 « très faible » à 5 « très grande »

Différences d'arrondi possibles

Source : relevé Baromètre scientifique (2019; n=1043), traitement SEFRI

Pour que les activités de recherche et d'innovation puissent être menées à bien, la manière dont la population suisse les perçoit est déterminante. Or le peuple suisse est conscient du rôle essentiel de la science et accorde à cette dernière une grande confiance (graphique A 1.1).

Tandis que l'économie privée finance et réalise environ deux tiers des activités de recherche et développement, les pouvoirs publics se concentrent quant à eux sur la mise à disposition de conditions-cadres optimales pour la recherche et l'innovation.

2 Les acteurs

L'économie privée, le domaine des hautes écoles (les deux écoles polytechniques fédérales ainsi que les universités cantonales, les hautes écoles spécialisées et les hautes écoles pédagogiques), les établissements de recherche d'importance nationale,⁴ mais aussi la Confédération et les cantons figurent parmi les principaux acteurs de la recherche et de l'innovation. La formation professionnelle, et ses acteurs, jouent eux aussi un rôle significatif dans l'innovation.

2.1 Économie privée

L'économie privée joue un rôle majeur pour la recherche et l'innovation en Suisse. Elle se concentre avant tout sur la recherche appliquée et le développement, et contribue à transformer le savoir en innovations capables de s'établir sur le marché. Dans ce contexte, elle collabore beaucoup avec les hautes écoles et d'autres établissements financés par des fonds publics. Par ailleurs, certains gros groupes mènent eux aussi des activités de recherche fondamentale.

Les deux tiers des activités de recherche et développement en Suisse sont financés et menés par l'économie privée. En 2017, 84 % des dépenses de R-D de l'économie privée étaient attribués aux grandes entreprises et 16 % aux PME (OFS, 2019a).⁵ Néanmoins, ces dépenses ne sont pas le seul moyen de participer à l'innovation. Celle-ci peut aussi être le fruit de coopérations et de la participation de clients et de hautes écoles.

Au total, la part des entreprises actives dans la R-D en Suisse a diminué environ de moitié au cours des dernières années. Cela est essentiellement dû au fait que les activités de R-D menées par les PME diminuent de manière continue depuis 2000.⁶ En revanche, on note une tendance à la hausse de l'engagement des grandes entreprises dans la R-D depuis 2009, et celui-ci est nettement supérieur à la moyenne de l'économie dans son ensemble.

Bien que le nombre d'entreprises actives dans le domaine de la R-D ait baissé, la part du chiffre d'affaires dans les dépenses de R-D a évolué positivement. Cela indique que les activités de R-D se concentrent de plus en plus sur un petit nombre d'entreprises qui reflètent par conséquent l'essentiel de la force d'innovation de l'économie dans son ensemble (Spescha & Wörter, 2018 et 2019).

Les grandes entreprises qui financent et mènent des activités de R-D appartiennent essentiellement aux branches de la pharma, de la chimie, de l'alimentation et des machines.

Bien que le nombre des PME actives dans la R-D recule depuis le début des années 2000 (voir ci-dessus), celles-ci continuent à jouer un rôle central dans la performance de la Suisse en matière d'innovation. En comparaison européenne, elles se classent au premier rang notamment en matière d'introduction d'innovations de commercialisation et d'innovations d'organisation (Commission européenne, 2019). Leur collaboration avec les grands groupes dans le cadre de travaux de recherche et d'innovation revêt une importance majeure. En fournissant des composants hautement spécialisés à ces grands groupes, les PME peuvent intégrer leurs activités de R-D dans la chaîne de valeur ajoutée desdits groupes et, ainsi, accéder à des niches de marché.

Une des possibilités de diffuser de nouveaux savoirs ou de nouvelles technologies sur le marché consiste à créer des entreprises innovantes⁷, dont la portée économique ne réside pas tant dans le nombre d'emplois créés, mais davantage dans la dynamique économique que ces entreprises génèrent.

⁵ Les petites entreprises (entre 1 et 49 employés) et les moyennes entreprises (entre 50 et 249 employés) forment la catégorie des PME; les entreprises qui emploient plus de 250 personnes sont réunies dans la catégorie des grandes entreprises (OCDE, Eurostat). Plus de 99 % des entreprises en Suisse sont donc des PME, et moins de 1 % des grandes entreprises.

⁶ Cela peut s'expliquer par le fait que pour de nombreuses entreprises, les activités d'innovation qui apparaissent sous l'impulsion de la R-D sont devenues trop coûteuses et trop risquées (Spescha & Wörter, 2019).

⁷ Ces créations d'entreprises peuvent se dérouler librement sur le marché, prendre la forme d'essimage (« spin-off ») issu d'établissements de recherche – notamment des hautes écoles – ou encore découler de rachats internes (« management buyout »), par lesquels la direction rachète au propriétaire de l'entreprise la majorité du capital ou une part de celui-ci.

⁴ Les établissements de recherche d'importance nationale contribuent à créer une valeur ajoutée scientifique dans leurs domaines de spécialisation et complètent les activités de recherche menées par les hautes écoles et le domaine des EPF.

Start-up⁸

D'après le Swiss Startup Radar, environ 300 start-up sont créées chaque année en Suisse; c'est quatre fois plus qu'il y a 15 ans.⁹

Des start-up sont présentes dans tous les cantons. Les principaux centres sont les cantons de Zurich (env. un tiers des start-up), de Vaud (env. 15 %), de Genève (7 %), de Zoug (5 %) et les deux cantons de Bâle (9 % à eux deux).

En comparaison internationale, la Suisse compte un nombre plus élevé que la moyenne de start-up dans les domaines de la technologie médicale, de l'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM), de l'énergie et des cleantech, de la biotechnologie et des services financiers. En revanche, la part des start-up en Suisse est moins élevée que dans d'autres pays dans les domaines de l'e-commerce et des marchés électroniques (startupticker.ch, 2018).¹⁰

Souvent, les jeunes entreprises ne peuvent apporter elles-mêmes les moyens requis et sont tributaires de l'accès au capital-risque. En matière d'investissement dans le capital-risque en pourcentage du PIB, la Suisse se situe loin derrière les principaux pays de l'OCDE leader en la matière: les États-Unis et Israël (voir Partie B, chapitre 10).

Toutefois, les conditions à la création d'entreprises en Suisse sont favorables: notre système de formation et de recherche bien structuré et financé, et par là compétitif, forme le terreau des innovations à venir et sensibilise aux activités entrepreneuriales. Par ailleurs, les procédures simples de création, un droit des entreprises et des faillites favorable à l'innovation, un système fiscal attrayant, mais aussi la simplicité du droit protégeant la propriété intellectuelle et les brevets sont autant de facteurs qui soutiennent l'entrepreneuriat.

2.2 Hautes écoles

Le paysage des hautes écoles suisses, composé des hautes écoles universitaires (HEU) – dont les deux écoles polytechniques fédérales de Zurich (ETH Zurich) et de Lausanne (EPFL) et les universités cantonales –, des hautes écoles spécialisées (HES) et des hautes écoles pédagogiques (HEP), propose une offre d'études et de recherche complète et variée.¹¹ Remarquées au plan international pour leurs performances, les hautes écoles contribuent de manière décisive à la recherche et à l'innovation.¹²

Les études se déroulent selon le modèle de Bologne, en trois cycles: le bachelor, le master et le doctorat. Seules les HEU, qui mènent essentiellement des travaux de recherche fondamentale et un enseignement basé sur la recherche, sont habilitées à délivrer des doctorats. Les HES ont toutefois la possibilité de proposer des formations de doctorat en collaboration avec les HEU (CSRE, 2018). Les HES se sont dotées d'un profil orienté vers la recherche appliquée et le développement. Les filières des HEP sont elles aussi axées sur un enseignement et une recherche proches de la pratique.

Le mandat de prestations des hautes écoles suisses, qui disposent la plupart du temps d'un très bon réseau international, porte sur l'enseignement (formation et formation continue), la recherche et développement, le transfert de savoir et de technologie (TST), ainsi que les prestations de service destinées à des tiers.

Domaine des Écoles polytechniques fédérales (domaine des EPF)

En 2019, l'ETH Zurich et l'EPFL comptaient au total quelque 32 000 étudiants, dont 6300 doctorants (OFS, 2019a). Le domaine des EPF se compose de ces deux écoles ainsi que de quatre établissements de recherche: l'Institut Paul Scherrer (PSI), l'Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa), et l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (Eawag).¹³ Le Conseil des EPF est responsable du pilotage stratégique du domaine et assume la surveillance de ses institutions.

L'ETH Zurich et l'EPFL sont des établissements spécialisés dans les disciplines techniques et les sciences naturelles. Les filières d'études et les activités de recherche se concentrent avant tout

⁸ Il n'existe pas de définition harmonisée de « start-up » en Suisse. D'après le Swiss Startup Radar, une start-up se distingue par les six critères suivants: des projets de croissance ambitieux, une focalisation sur l'innovation, une approche axée sur la science et la technologie, un modèle d'affaires évolutif, des marchés internationaux, et des investisseurs professionnels.

⁹ En 2016, la population des entreprises actives en Suisse était de 550 585. Cette même année, 39 000 créations d'entreprise ont été enregistrées dont 90 % dans le secteur tertiaire. Plus de 80 % des nouvelles entreprises étaient encore actives un an plus tard (OFS).

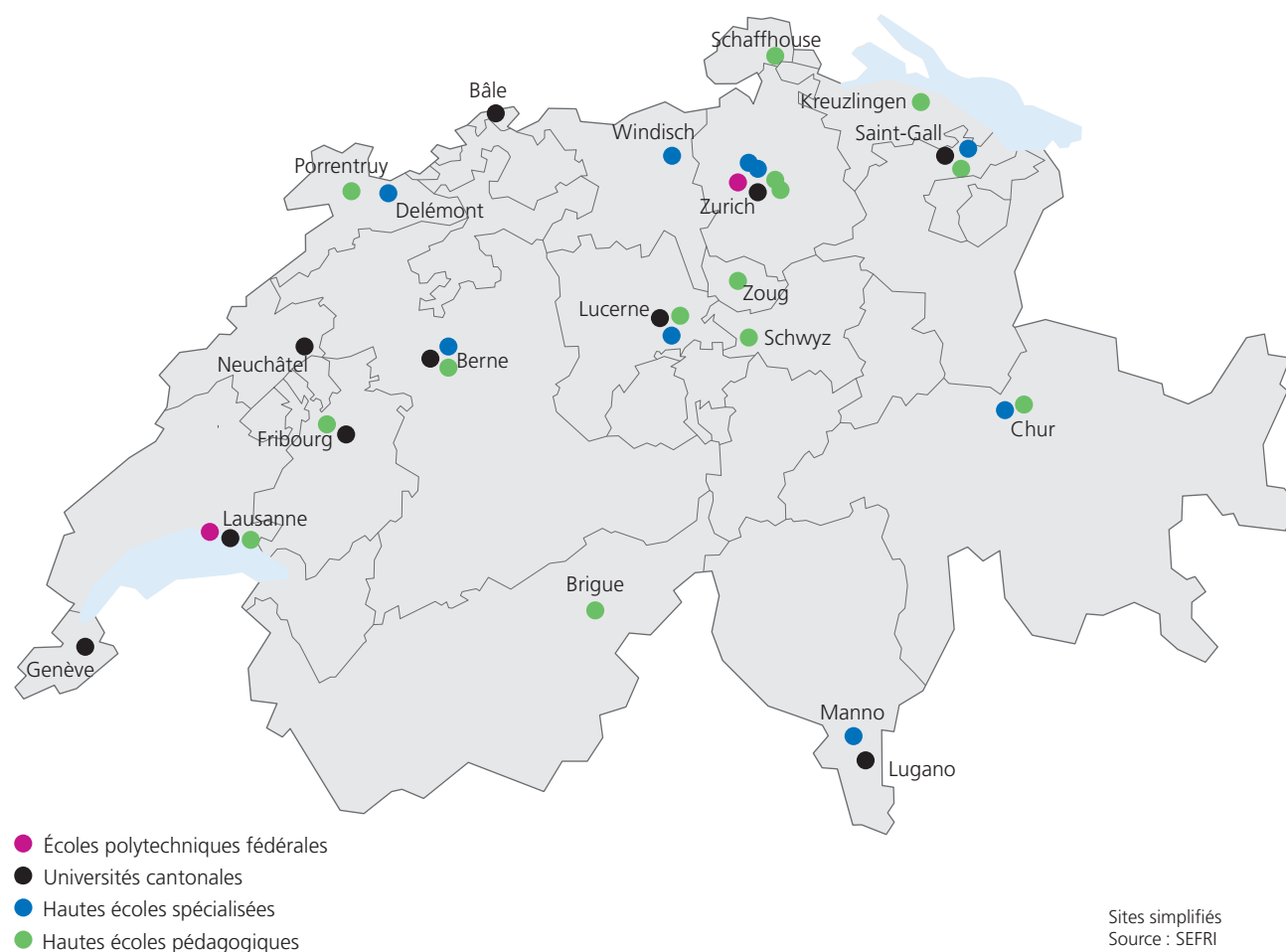
¹⁰ D'après l'Association suisse de transfert de technologie (swiTT), en 2018, 54 start-up ont vu le jour dans le domaine des EPF, 8 dans le domaine des universités et 16 dans le domaine des hautes écoles spécialisées (swiTT, 2019). Les chiffres utilisés pour le calcul ne sont toutefois pas toujours exhaustifs.

¹¹ L'offre suisse en matière de hautes écoles comprend aussi les établissements suivants: la Fondation Formations universitaires à distance Suisse, l'Institut des hautes études internationales et du développement IHEID (bénéficient tous deux de la reconnaissance du droit aux contributions au sens de la LEHE), l'Institut fédéral des hautes études en formation professionnelle (IFFP), et la Haute école fédérale de sport de Macolin (HEFSM).

¹² Depuis plusieurs années, cinq universités cantonales (Bâle, Berne, Genève, Lausanne, Zurich) ainsi que l'ETH Zurich et l'EPFL font partie du Top 200 dans plusieurs classements internationaux (Shanghai, QS, Times et Leiden).

¹³ L'ETH Zurich a ouvert ses portes en 1855; l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) a quant à elle été fondée en 1969, lorsque la Confédération a repris les rênes de l'ancienne École polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL). Les quatre instituts de recherche spécialisée (PSI, WSL, Empa et Eawag) ont vu le jour au fil des ans. La loi sur les EPF, qui s'applique à l'ensemble du domaine EPF, a été adoptée en 1991.

Graphique A 2.1 : Le paysage suisse des hautes écoles



sur les domaines des sciences naturelles, des sciences de l'ingénieur, des sciences de la vie, des mathématiques ainsi que de l'architecture.

Les établissements de recherche du domaine des EPF sont principalement actifs dans la recherche fondamentale et appliquée. Ils fournissent en outre des services scientifiques et techniques et participent aux activités d'enseignement et de recherche de l'ETH Zurich et de l'EPFL.

Universités cantonales

En 2019, les dix universités cantonales¹⁴ comptaient quelque 120 000 étudiants, dont 19 000 doctorants (OFS, 2019a).¹⁵

Elles disposent, dans différentes combinaisons, de facultés et d'instituts dans les domaines du droit, des sciences sociales, des

mathématiques et des sciences naturelles, des sciences humaines, des sciences économiques et de la médecine. Quelques universités ont adopté un profil plus spécifique et se concentrent sur un petit nombre de domaines seulement, comme l'Université de Saint-Gall, l'une des meilleures universités d'économie d'Europe. À la différence des deux écoles polytechniques fédérales, les universités cantonales ne proposent aucune filière en sciences de l'ingénieur.

Hautes écoles spécialisées (HES)

En 2019, 78 500 étudiants étaient inscrits dans les sept HES de droit public et dans la Haute école spécialisée Kalaidos, de droit privé (OFS, 2019a). Les HES sont apparues dans le paysage suisse au milieu des années 1990. Elles résultent de la transformation et du regroupement des écoles supérieures (ES). Depuis le 1^{er} janvier 2020, les HES de droit public-privé sont au nombre de huit.¹⁶

¹⁴ Université de Berne, Université de Bâle, Université de Fribourg, Université de Genève, Université de Lausanne, Université de Lucerne, Université de Neuchâtel, Université de Saint-Gall, Université de la Suisse italienne (Università della Svizzera italiana), Université de Zurich.

¹⁵ L'Université de Bâle a été fondée en 1460. Elle est, et de loin, la plus ancienne de Suisse.

¹⁶ Haute école spécialisée bernoise (BFH), HES de la Suisse du Nord-Ouest (FHNW), HES de Suisse orientale (FHO; au 1^{er} septembre 2020, elle sera rebaptisée Ost – Ostschweizer Fachhochschule), HES du canton des Grisons (Fachhochschule Graubünden), HES Lucerne, HES de Suisse occidentale (HES-SO), HES de Suisse italienne (SUPSI) et HES zurichoise (ZFH). L'ancienne HTW Chur s'est dissociée de la HES de Suisse orientale et est, depuis le 1^{er} janvier 2020, une haute école spécialisée indépendante appelée Fachhochschule Graubünden.

Le rôle de la formation professionnelle dans l'innovation

La formation professionnelle n'est pas actrice de l'innovation au sens propre. Son importance pour l'innovation mérite toutefois d'être soulignée.

Deux tiers des jeunes en Suisse commencent leur carrière professionnelle par une formation professionnelle initiale (Degré secondaire II). En délivrant chaque année respectivement quelque 69 000 et 26 700 diplômes, la formation professionnelle initiale (Degré secondaire II) et la formation professionnelle supérieure (Degré tertiaire) fournissent à l'économie et à l'administration publique du personnel hautement qualifié et des cadres dirigeants. Ceux-ci contribuent tout autant à la compétitivité et à la capacité d'innovation des entreprises que les diplômés d'une haute école (voir Partie C, étude 1).

Les organisations du monde du travail définissent et actualisent les contenus de la formation professionnelle initiale et continue. Ainsi, les offres de formation s'orientent en fonction des besoins effectifs du marché du travail. Grâce à leur formation théorique et pratique, les titulaires d'un diplôme de la formation professionnelle sont flexibles et polyvalents, ce qui accroît leur capacité et leur volonté à participer à l'innovation et à faire avancer celle-ci.

Sans oublier les possibilités de haute qualification et de réorientation offertes par le système de la formation professionnelle. Cette diversité constitue elle aussi une force du système suisse du point de vue de la capacité d'innovation.

Pour résumer : la formation professionnelle forme des spécialistes et des cadres dirigeants de tous les horizons et leur permet d'acquérir une grande polyvalence. À ce titre, elle apporte une contribution précieuse à l'innovation.

Les HES ont une assise régionale forte et sont aussi des partenaires de coopération importantes des PME. Plus de la moitié des projets soutenus par Innosuisse (voir chapitre 5) sont menés par des hautes écoles spécialisées en tant que partenaires de recherche.

Les HES proposent des formations de niveau bachelor et master axées sur les besoins du marché du travail. Elles contribuent ainsi largement à transformer le savoir en innovations capables de s'établir sur le marché. Le bachelor professionnalisant est le diplôme standard des HES. L'offre d'enseignement est large et couvre des domaines différents selon la HES concernée : technique et technologies de l'information, architecture, construction et planification, chimie et sciences de la vie, agriculture et économie forestière, économie et services, design, santé, travail social, musique, arts de la scène et autres arts, psychologie appliquée, linguistique appliquée et sports.

Hautes écoles pédagogiques (HEP)

En 2019, environ 21 000 étudiants étaient inscrits dans une HEP (OFS, 2019a). La Suisse compte 14 HEP, quatre institutions intégrées à un autre type de haute école, ainsi que deux institutions fédérales. Les HEP sont toutes destinées à former les enseignants.¹⁷ Elles proposent des formations et des formations continues au personnel enseignant et pédagogique à tous les niveaux, ainsi qu'aux responsables d'établissement et autres acteurs du domaine de l'éducation. Elles mènent des travaux de recherche dans les domaines de l'éducation et de l'école ainsi que des travaux de recherche et développement axés sur la pratique, et fournissent les prestations correspondantes pour les domaines susmentionnés.

2.3 Établissements de recherche d'importance nationale

Une trentaine d'établissements de recherche d'importance nationale soutenus par la Confédération contribuent à créer une valeur scientifique ajoutée dans tous les domaines de spécialisation et dans toutes les disciplines possibles. Ils complètent les activités et infrastructures de recherche des hautes écoles et du domaine des EPF. Les collectivités publiques et, en partie, le secteur privé participent au financement de base de ces établissements. La subvention fédérale au sens de l'art. 15, al. 3 LERI a un caractère subsidiaire et distingue trois motifs de subvention et catégories d'établissements :

- Les infrastructures de recherche, comme la Fondation suisse pour la recherche en sciences sociales (FORS) à Lausanne, servent à collecter, élaborer, analyser et mettre à disposition des données sous la forme d'information et de documentation scientifique.
- Les institutions de recherche, comme l'Institut suisse de recherche sur les allergies et l'asthme (SIAF) de Davos, se distinguent quant à elles par leur haut degré de spécialisation et travaillent généralement en collaboration étroite avec les hautes écoles cantonales et les institutions du domaine des EPF.
- Les centres de compétences technologiques, comme le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) de Neuchâtel, se focalisent tout particulièrement sur le transfert de savoir et de technologie, et collaborent avec les institutions du domaine des EPF, les universités et les hautes écoles spécialisées. Ils mènent également des projets d'innovation avec des partenaires industriels.

¹⁷ Haute école pédagogique – BEJUNE (HEP-BEJUNE); Haute école pédagogique du canton de Vaud (HEP Vaud); Haute école pédagogique Fribourg (HEP / PH FR); Haute école pédagogique du Valais (HEPVS / PHVS); Haute école intercantonale de pédagogie curative de Zurich (HfH); Haute école pédagogique du canton de Berne (PHBern); Haute école pédagogique des Grisons (PHGR); Haute école pédagogique de Lucerne (PHLU); Haute école pédagogique de Schaffhouse (PHSH); Haute école pédagogique de Schwyz (PHSZ); Haute école pédagogique de Saint-Gall (PHSG); Haute école pédagogique de Thurgovie (PHTG); Haute école pédagogique de Zoug (PH Zoug); Haute école pédagogique de Zurich (PH Zurich).

Les HEP suivantes sont intégrées à une HES : Haute école pédagogique de la HES de la Suisse du Nord-Ouest (PHFHNW); Département de la formation et de l'apprentissage de la HES de la Suisse italienne (SUPSI-DFA).

Les HEP suivantes sont intégrées à une université : Centre d'enseignement et de recherche pour la formation à l'enseignement au secondaire (CERF); Institut universitaire de formation des enseignants (IUFE) (Université de Genève). Les universités de Zurich, de Lucerne, de Saint-Gall et l'ETH Zurich forment elles aussi le personnel enseignant.

2.4 Administration fédérale

Pour maîtriser les situations complexes et assurer une gestion compétente, l'administration fédérale doit fonder son action sur de solides connaissances scientifiques. L'acquisition de ce savoir se fait au travers de ce qu'on appelle la recherche de l'administration fédérale, une recherche réalisée soit par les unités administratives elles-mêmes ou confiée aux hautes écoles ou à des entreprises privées (voir chapitre 5.4).

3 Les compétences des pouvoirs publics

Les institutions publiques aux trois échelons politiques (Confédération, cantons et communes) veillent à ce que les acteurs privés et les acteurs financés par des fonds publics du domaine de la recherche et de l'innovation soient placés dans des conditions favorables. Elles garantissent notamment la qualité des offres de formation à tous les niveaux, mettent à disposition l'infrastructure publique et assurent un environnement politique et légal fiable.

3.1 Confédération

Au niveau fédéral, c'est le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) qui assume en premier lieu la responsabilité dans le domaine de la formation, de la recherche et de l'innovation (FRI) et qui est garant de l'application du cadre légal. La loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI) règle l'encouragement des activités de recherche, d'innovation et de coopération internationale en matière de recherche et d'innovation.

Conformément à la loi sur l'encouragement et la coordination des hautes écoles (LEHE), la Confédération et les cantons veillent ensemble à la coordination, à la qualité et à la compétitivité du domaine suisse des hautes écoles dans le cadre de la Conférence suisse des hautes écoles (CSHE). Par ailleurs, en vertu de la LEHE, la Confédération participe au financement des universités cantonales et des hautes écoles spécialisées cantonales, mais non des hautes écoles pédagogiques.

En outre, la Confédération gère et finance le domaine des EPF qui est dirigé par le Conseil des EPF en tant qu'organe stratégique (voir également chapitre 2.2).¹⁸

Les institutions chargées par la Confédération d'encourager la recherche et l'innovation sont le Fonds national suisse (FNS), Innosuisse, et les Académies suisses des sciences (voir chapitre 5). Le Conseil suisse de la science (CSS) est l'organe consultatif du Conseil fédéral pour la politique de recherche et d'innovation.

D'autres services du DEFR mènent des travaux de recherche et d'innovation (p. ex. Agroscope, le centre de compétences de la Confédération pour la recherche agricole).

Le DEFR n'est pas le seul département à mener ou à mandater, directement ou indirectement, des travaux de recherche et d'innovation. C'est aussi le cas d'autres départements par le biais notamment de la recherche de l'administration fédérale (voir chapitres 2.4 et 5.4).¹⁹

Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation

Tous les quatre ans, le Conseil fédéral présente à l'Assemblée fédérale un message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation (message FRI). Il y dresse un bilan de la période en cours et fixe les objectifs et les mesures de la nouvelle période d'encouragement. Le message FRI comprend les demandes de crédits pour le financement de base du système FRI de la part de la Confédération et propose les éventuelles modifications de loi nécessaires à l'ajustement du cadre juridique. Les arrêtés financiers couvrent les mesures nationales pour l'encouragement de la formation professionnelle, des hautes écoles et de la formation continue, ainsi que de la recherche et de l'innovation.²⁰

3.2 Cantons, villes et communes

Dans la mesure où la Constitution fédérale ne mentionne pas expressément la compétence fédérale, l'éducation relève des cantons. Ceux-ci supportent également la majeure partie de la charge financière dans le domaine de la formation, de la recherche et de l'innovation.

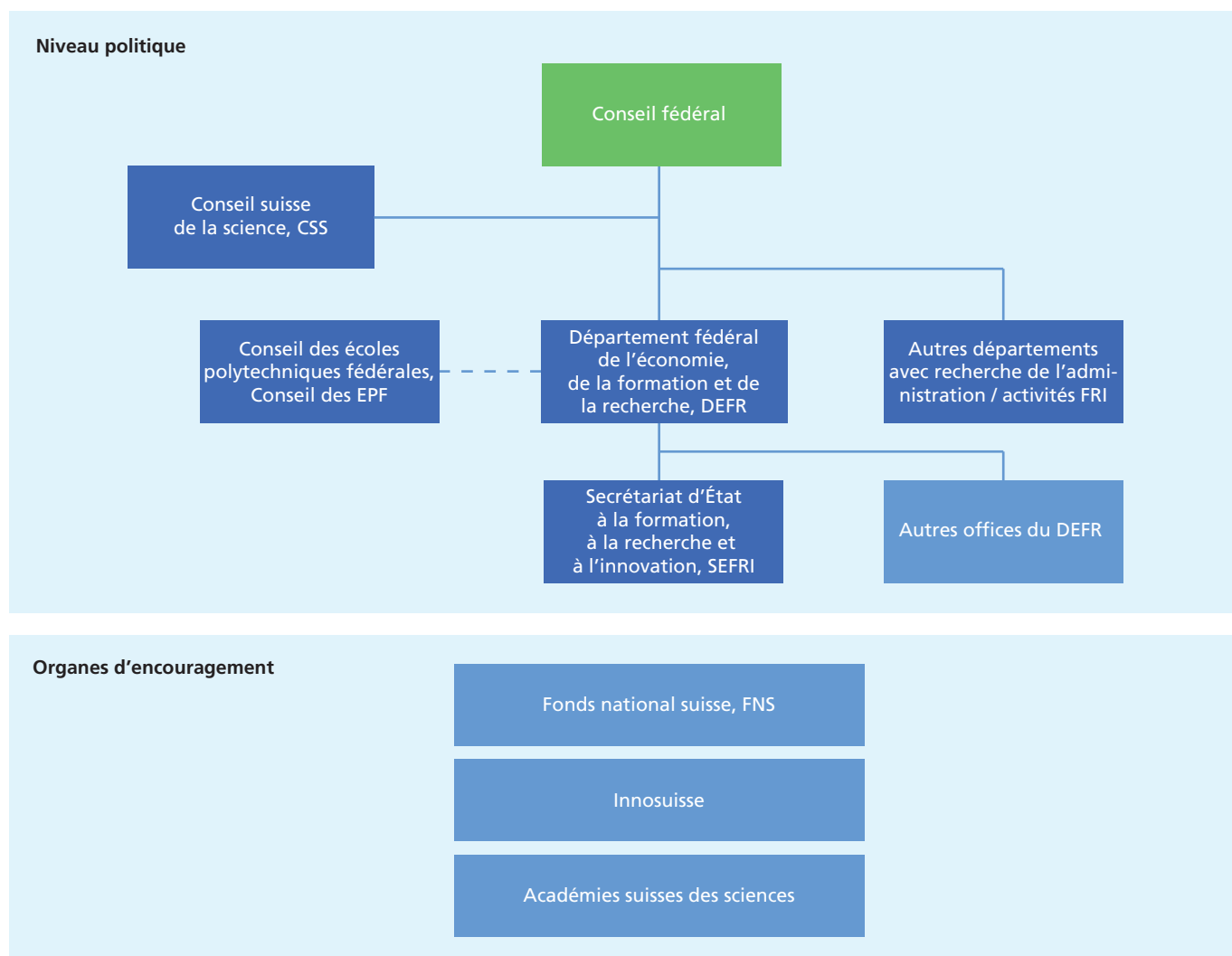
Les universités cantonales, les hautes écoles spécialisées et les hautes écoles pédagogiques relèvent de la compétence des cantons. Par le financement de base qu'ils octroient, les cantons participent de manière significative aux activités de recherche des hautes écoles cantonales. Une partie des coûts à la charge des cantons responsables sont financés par le biais d'accords de financement intercantonaux. Les universités, les HES et les HEP sont largement autonomes : elles planifient, règlent et conduisent leurs affaires elles-mêmes dans le cadre de la Constitution et des lois cantonales qui se basent sur la LEHE.

¹⁹ L'Institut de la propriété intellectuelle (IPI) joue lui aussi un rôle important dans la recherche et l'innovation, de même que différentes commissions, comme la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE), qui contribue à la coordination de la recherche énergétique suisse.

²⁰ Des décisions de financement séparées seront prises concernant la participation de la Suisse aux programmes-cadres de l'UE (la forme n'est pas encore définie) dans les domaines de la recherche et de l'innovation (2021–2027) ainsi qu'aux programmes européens d'éducation (2021–2027).

¹⁸ En vertu de l'art. 4 de la loi fédérale sur les écoles polytechniques fédérales (loi sur les EPF), le domaine des EPF est rattaché au DEFR.

Graphique A 3.1 : Institutions fédérales responsables pour la recherche et l'innovation



Source : SEFRI

La Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) et la Conférence des chefs des départements cantonaux de l'économie publique (CDEP) jouent un rôle important pour la coordination intercantonale dans le domaine de la recherche et de l'innovation, ainsi qu'aux interfaces de celui-ci.

Certaines villes et communes encouragent elles aussi l'innovation, par exemple en construisant et en exploitant des parcs technologiques et d'innovation.

Organes communs de la Confédération et des cantons

La Confédération et les cantons veillent ensemble à la coordination, à l'assurance de la qualité et à la compétitivité dans l'espace des hautes écoles par le biais de trois organes communs : la Conférence suisse des hautes écoles – présidée par la Confédération –, la Conférence des recteurs des hautes écoles suisses (swissuniversities), et le Conseil suisse d'accréditation.

Bases légales de la Confédération²¹

Constitution fédérale

En vertu de l'art. 64 de la Constitution fédérale (Cst.), l'encouragement de la recherche scientifique et de l'innovation incombe à la Confédération. Par ailleurs, la Confédération et les cantons veillent ensemble à la coordination et à la garantie de l'assurance de la qualité dans l'espace suisse des hautes écoles (art. 63a Cst.). La Confédération gère et finance le domaine des EPF et soutient financièrement les hautes écoles cantonales. La Confédération légifère sur la formation professionnelle et encourage la diversité et la perméabilité de l'offre dans ce domaine (art. 63 Cst.).

Loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation

La loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI) régit, en tant que loi-cadre, les tâches et l'organisation de l'encouragement de la recherche et de l'innovation par la Confédération. Elle règle notamment les tâches, les procédures et les compétences des organes d'encouragement définis par la LERI, à savoir le Fonds national suisse (FNS), Innosuisse, et les Académies suisses des sciences, ainsi que les tâches relevant de la coopération scientifique internationale. Par ailleurs, elle régit la participation subsidiaire de la Confédération aux établissements de recherche d'importance nationale ainsi que la planification, la coordination et l'assurance de la qualité de la recherche de l'administration fédérale. Elle fixe aussi les bases du soutien au parc suisse d'innovation.

Loi sur l'encouragement et la coordination des hautes écoles

Conformément à la loi sur l'encouragement et la coordination des hautes écoles (LEHE), la Confédération et les cantons veillent ensemble à la coordination, à la qualité et à la compétitivité du domaine suisse des hautes écoles. La LEHE est le fondement de l'institution d'organes communs de la Confédération et des cantons, de l'assurance de la qualité et de l'accréditation, du financement uniformisé des hautes écoles et d'autres institutions du domaine des hautes écoles, ainsi que de la répartition des tâches dans les domaines particulièrement onéreux. Les dispositions de la LEHE relatives au financement s'appliquent toutefois uniquement aux universités cantonales et aux HES, et non aux écoles polytechniques fédérales ni aux HEP. Celles-ci peuvent toutefois bénéficier, sous certaines conditions, de contributions liées à des projets au même titre que les universités et HES.

Loi fédérale sur les écoles polytechniques fédérales

La loi fédérale sur les écoles polytechniques fédérales (loi sur les EPF) régit les missions et l'organisation du domaine des EPF (institutions du domaine des EPF, voir chapitre 2.2).

Loi fédérale sur la formation professionnelle

La loi fédérale sur la formation professionnelle (LFPr) renforce les performances du système suisse d'innovation. Véritable vecteur de la modernisation de la formation professionnelle, elle tient compte des transformations du monde du travail et permet de nouveaux développements. Elle promeut des possibilités de formation professionnelle différenciées et favorise la perméabilité au sein du système de formation professionnelle. Elle est également la base légale pour la conduite de l'Institut fédéral des hautes études en formation professionnelle (IFFP). La LFPr régit la participation financière de la Confédération à la formation professionnelle.

Bases légales des cantons

Du côté de la Confédération, la coordination des hautes écoles suisses repose sur la LEHE. Du côté des cantons, c'est l'accord intercantonal du 20 juin 2013 sur le domaine suisse des hautes écoles (concordat sur les hautes écoles)²² qui constitue la base. Tous les cantons ont adhéré à l'accord.

Les affaires universitaires sont régies par les lois cantonales sur les universités. Les lois cantonales sur les hautes écoles spécialisées posent les bases de la conduite d'une HES. En règle générale, elles définissent également la coopération avec les autres cantons et avec la Confédération dans le domaine des hautes écoles. Une législation cantonale existe aussi pour les HEP.

La loi fédérale sur la formation professionnelle assigne aux cantons la mission de garantir une offre suffisante de formation professionnelle initiale, de formation professionnelle supérieure et de formation continue à des fins professionnelles et les charge de l'orientation professionnelle, universitaire et de carrière. Les lois cantonales sur la formation professionnelle remplissent ce mandat dans le sens d'une législation d'exécution.

L'encouragement de l'innovation fait partie de la promotion économique des cantons et repose de ce fait sur des lois spéciales. On peut citer la loi sur le développement de l'économie dans le canton de Berne, la loi sur la promotion de la place économique dans le canton d'Argovie ou encore la loi sur la promotion économique dans le canton de Fribourg.

²¹ Cst. : RS 101 ; LERI : RS 420.1 ; LEHE : RS 414.20 ; loi sur les EPF : RS 414.110 ; LFPr : RS 412.10

²² <http://www.edk.ch/dyn/11740.php>

4 Finances

4.1 Flux financiers

L'économie, les pouvoirs publics, les hautes écoles et certains acteurs étrangers interviennent aussi bien dans le financement que dans l'exécution des activités de R-D.

Le graphique A 4.1 fournit un aperçu des flux financiers entre les différents secteurs pour l'année 2017. Il présente l'ensemble des flux en Suisse ainsi que les montants en provenance ou à destination de l'étranger. Les sources de financement de la R-D figurent dans la partie gauche, tandis que la partie de droite présente les quatre secteurs dans lesquels la R-D se déroule en Suisse. L'étranger est représenté dans la partie inférieure du graphique.

En 2017, le volume de la R-D exécutée en Suisse s'est chiffré à 22,5 milliards de francs suisses, soit environ 3,4 % du produit

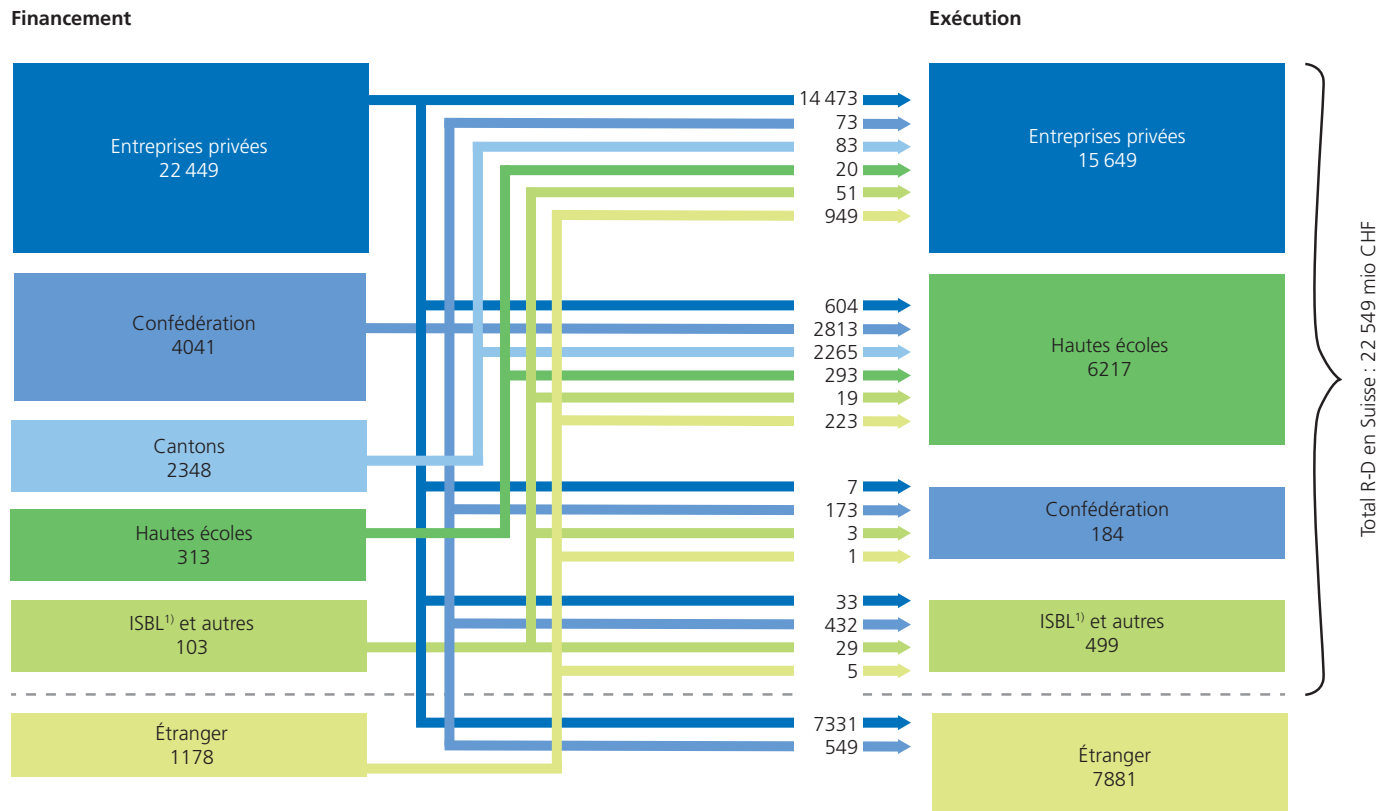
intérieur brut (PIB). La Suisse fait ainsi partie du peloton de tête des pays de l'OCDE (OFS, 2017). La R-D est essentiellement financée et exécutée par le secteur privé, à hauteur d'environ deux tiers.

Les entreprises financent et exécutent leurs activités de R-D principalement elles-mêmes. Le domaine des EPF, les universités cantonales et les hautes écoles spécialisées sont les principaux destinataires des fonds publics; ces institutions sont essentiellement financées par la Confédération et les cantons.

Les activités de R-D menées à l'étranger sont financées par l'économie privée et la Confédération. À l'inverse, des acteurs sis à l'étranger financent des projets de recherche en Suisse.

En comparaison, les autres acteurs (institutions privées sans but lucratif, telles que les fondations, etc.) jouent un rôle mineur tant dans le financement que dans l'exécution de la R-D.

Graphique A 4.1 : Financement et exécution de la R-D en Suisse par secteur, en mio CHF, 2017
(sans les filiales d'entreprises suisses à l'étranger)



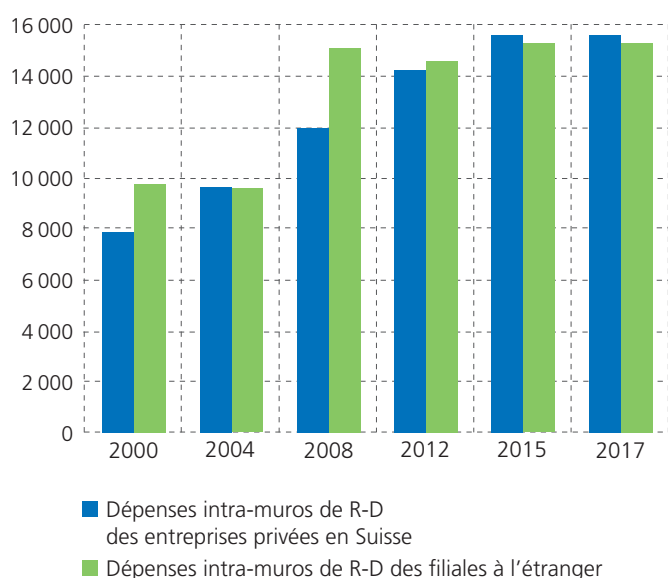
¹⁾ Institutions privées sans but lucratif
Source : OFS

4.2 Dépenses de R-D des filiales d'entreprises suisses à l'étranger

Les entreprises privées qui jouent la carte de la R-D sont très actives à l'échelle internationale. C'est ce qu'indiquent clairement les dépenses de recherche des filiales d'entreprises suisses à l'étranger (graphique A 4.2). Cette croissance est presque exclusivement le fait d'un nombre restreint de groupes agissant à l'échelle mondiale.

En 2017, les dépenses de R-D des filiales d'entreprises suisses à l'étranger se sont élevées à 15,3 milliards de francs suisses.²³ Ce montant est à peine inférieur aux 15,6 milliards dépensés la même année par le secteur privé en Suisse au titre de la R-D.

Graphique A 4.2 : Évolution des dépenses intra-muros de R-D effectuées en Suisse par les entreprises privées et effectuées à l'étranger par les filiales, en mio CHF



Les « dépenses intra-muros de R-D » englobent toutes les dépenses en faveur d'activités de R-D qu'un acteur effectue dans ses propres locaux, c'est-à-dire « entre ses murs ».

Source : OFS, traitement SEFRI

²³ Les résultats entre 2008 et 2017 étaient probablement influencés par les importantes fluctuations des cours durant cette période. L'impact de celles-ci est toutefois difficile à quantifier.

5 Encouragement national, régional et cantonal

L'encouragement public de la recherche et de l'innovation relève pour l'essentiel de la Confédération. Les deux principaux instruments d'encouragement de la R-I de la Confédération sont le Fonds national suisse (FNS) pour l'encouragement de la recherche et Innosuisse pour l'encouragement de l'innovation basée sur la science. Vient s'y ajouter l'association des Académies suisses des sciences, chargée de renforcer la coopération dans toutes les disciplines scientifiques et entre ces dernières, mais aussi d'ancrer la science dans la société.

Les principes fondamentaux de l'encouragement public de la recherche et de l'innovation

- L'encouragement public de la R-I repose sur l'initiative personnelle des chercheurs et des entreprises (principe bottom-up).
- Les projets individuels bénéficient sur demande d'une aide de l'État, à l'issue d'une évaluation de leur excellence les mettant en concurrence avec les autres.
- En comparaison internationale, la Suisse se montre réticente à prescrire de haut en bas des thèmes et des programmes d'encouragement (principe top-down).
- De même, aucune contribution n'est en principe versée directement à des entreprises.

5.1 Fonds national suisse

Créé en 1952, le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) est la principale institution d'encouragement de la recherche scientifique et de la relève scientifique en Suisse.²⁴ Afin de garantir l'indépendance de la recherche, il a le statut de fondation de droit privé. Le SEFRI conclut tous les quatre ans une convention de prestations avec le FNS, fondée sur les arrêtés financiers de l'Assemblée fédérale. Toutes les disciplines ont accès aux mesures d'encouragement du FNS.

Le FNS a chaque année à sa disposition environ 1,2 milliard de francs suisses, qu'il distribue sur une base concurrentielle. Les plusieurs milliers de requêtes soumises chaque année au FNS font l'objet d'une évaluation par des pairs. Le Conseil national de la recherche du FNS décide du financement de ces requêtes en se basant sur l'évaluation des comités spécialisés nationaux et internationaux. Il se compose d'une centaine de scientifiques qui travaillent, pour la plupart, dans les hautes écoles suisses. Le Conseil

²⁴ Le document « Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands », rédigé par la Commission d'experts sur la recherche et l'innovation (EFI) compare la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, pendant allemand du FNS) et les principales organisations de recherche britanniques, néerlandaises, suisses et américaines. La Suisse, à travers le FNS, est très bien placée (EFI, 2019).

de la recherche a recours à 90 organes d'évaluation dont l'ensemble des membres se monte à plus de 700 personnes.

Le FNS possède une large palette d'instruments d'encouragement (graphique A 5.1). Sa mission première est l'encouragement de projets auquel il consacre environ la moitié des ressources financières dont il dispose. Les chercheurs choisissent librement le sujet et le cadre de leurs projets. Le FNS respecte ainsi l'espace de liberté nécessaire aux idées nouvelles.

Les pôles de recherches nationaux (PRN) et les programmes nationaux de recherche (PNR) figurent en bonne place parmi les outils d'encouragement du FNS :

- Les pôles de recherche nationaux (PRN) sont un instrument d'encouragement financé par la Confédération et réalisé par le Fonds national suisse. Ils ont pour vocation de mieux structurer le paysage suisse de la recherche avec un horizon temporel d'une dizaine d'années, en favorisant la création de centres de compétences dans des domaines majeurs comme la robotique, les sciences quantiques, les neurosciences ou encore la migration.
- À travers les programmes nationaux de recherche (PNR), la Confédération soutient la recherche scientifique pour résoudre des problèmes urgents d'importance nationale. De nature interdisciplinaire, les PNR sont centrés sur un problème et donc tournés vers l'application. Ils font une large place au transfert de savoir et de technologie. Le Conseil fédéral choisit les thématiques sur la base d'un processus de sélection ouvert à toutes les disciplines et confie leur exécution au FNS. Ainsi, dès 2020, le FNS mettra en œuvre les projets de recherche relatifs au PNR 77 « Transformation numérique ».

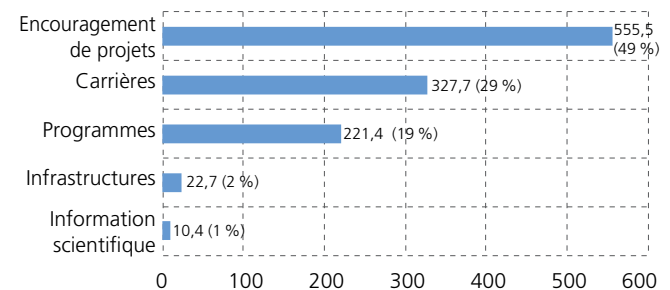
La formation de jeunes scientifiques grâce aux instruments d'encouragement de la carrière est une autre priorité du FNS. Cette formation est réalisée à travers la participation à des projets de recherche dans toutes les disciplines. Le FNS soutient les jeunes chercheurs hautement qualifiés de manière ciblée, depuis leur thèse jusqu'à un poste de professeur assistant, par exemple par des bourses à l'étranger ou par son programme de professeurs boursiers.

Un autre instrument d'encouragement vise les infrastructures. Au moyen du programme R'Equip, le FNS finance des appareils innovants et de haut niveau. Il finance aussi des projets d'édition dans le domaine des sciences humaines. En outre, il soutient la communication scientifique entre chercheurs, ainsi qu'entre les chercheurs et un large public.

Enfin, le FNS possède de nombreux instruments pour encourager la coopération internationale, par exemple dans le cadre des programmes bilatéraux de la Confédération. Il contribue ainsi à faciliter la coopération de groupes de recherche par-delà les frontières.

Le graphique A 5.1 met en évidence les moyens alloués par le FNS dans les différentes catégories d'encouragement en 2018.²⁵

Graphique A 5.1 : Subventionnement par catégorie d'encouragement, en mio CHF, 2018



Total sans overhead : 1137,6 mio CHF

Total avec overhead : 1248,3 mio CHF

Source : FNS

5.2 Innosuisse

Innosuisse, l'agence suisse pour l'encouragement de l'innovation, favorise l'innovation basée sur la science dans l'intérêt de l'économie et de la société. Jusqu'à fin 2017, elle était la « Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) ». L'encouragement du transfert de savoir et de technologie entre la science et l'économie revêtait cette forme depuis 1944. Si la CTI avait le statut de commission investie de compétences décisionnelles, Innosuisse est quant à elle un établissement fédéral de droit public doté de son propre budget. La gestion stratégique de l'agence est assumée par le Conseil d'administration, qui rend compte au Conseil fédéral. La gestion opérationnelle incombe à la direction.

Innosuisse dispose d'un budget annuel d'encouragement d'environ 200 millions de francs. Le Conseil de l'innovation, l'organe spécialisé d'Innosuisse, décide des demandes d'encouragement et accompagne l'exécution des activités au niveau scientifique et sur le plan de l'innovation. Dans le cadre de son activité, il recourt à un pool d'experts.

La mission première d'Innosuisse est l'encouragement de projets. Ceux-ci sont ouverts à toutes les disciplines scientifiques et tous les champs d'innovation. Innosuisse soutient ainsi le développement de produits, méthodes, procédés et services nouveaux destinés à l'économie et à la société, par le biais de la recherche orientée vers l'application et de la valorisation de ses résultats.

Innosuisse encourage les projets d'innovation menés conjointement par des partenaires de mise en valeur issus de l'économie et d'institutions de recherche grâce à son principal instrument d'encouragement. Ainsi, les projets contribuent directement au transfert de savoir et de technologie (TST). Outre le potentiel d'innovation et le caractère scientifique de leur contenu, la mise en œuvre escomptée des résultats sur le marché fait partie des critères d'encouragement. Les aides ne sont versées qu'aux institutions de recherche et financent en grande partie les salaires des collaborateurs de projet. Par ailleurs, les partenaires chargés de la mise en valeur doivent contribuer pour moitié au projet par les prestations

²⁵ Le terme « overhead » désigne les coûts de recherche indirects (p. ex. les coûts pour les loyers, l'électricité, l'administration).

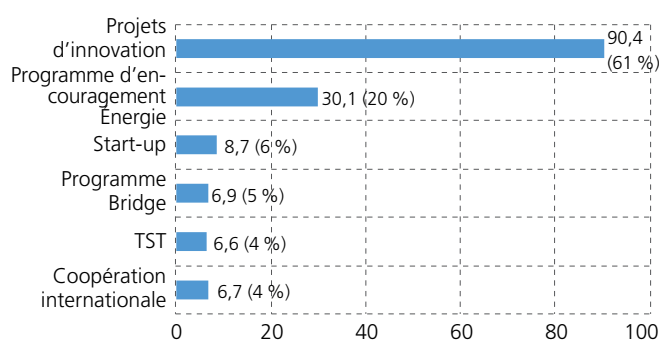
qu'ils assurent eux-mêmes, et normalement avec une contribution financière d'au moins 10 % en liquide. En Suisse en général, et chez Innosuisse en particulier, un encouragement de la recherche et de l'innovation n'est en principe jamais versé directement à une entreprise.

Innosuisse soutient également les projets d'innovation sans partenaire de mise en valeur, par exemple les études de faisabilité, les prototypes et les dispositifs pilotes. Les PME peuvent aussi bénéficier de prestations de recherche de la part de partenaires, par exemple pour la réalisation de petites études préliminaires, par le biais d'un « chèque d'innovation ».

Innosuisse encourage également le développement de start-up à base scientifique. Elle leur offre un coaching individuel adapté à leurs besoins et les aide à partir à la conquête des marchés internationaux grâce à des participations à des foires et à des manifestations à l'étranger (« camps d'internationalisation »). Par ailleurs, Innosuisse propose des ateliers de sensibilisation et des modules de formation destinés aux personnes issues des hautes écoles. Les mesures spécifiques aux PME, comme les réseaux thématiques nationaux (RTN), les conférences thématiques, le mentoring dans le domaine de l'innovation et le réseau Entreprise Europe Network (EEN),²⁶ contribuent elles aussi au TST.

En outre, dans le cadre du plan d'action « Recherche énergétique suisse coordonnée (2013–2020) », Innosuisse finance et pilote huit centres de compétences en recherche énergétique (Swiss Competence Centers for Energy Research, SCCER) couvrant plusieurs champs d'action liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables.

Graphique A 5.2 : Allocations de moyens par catégorie d'encouragement d'Innosuisse, en mio CHF, 2018



Total (overhead de 11,6 mio CHF compris) : 149,4 mio CHF
 Programme Bridge : part d'Innosuisse
 Source : Innosuisse, traitement SEFRI

Innosuisse soutient aussi la collaboration internationale entre les entreprises dans la perspective d'accroître la compétitivité de ces dernières dans la chaîne globale de création de valeur. À cet effet, elle prend part à plusieurs initiatives internationales et collabore avec des agences pour la promotion de l'innovation et d'autres organisations partenaires à travers le monde.

Le graphique A 5.2 met en évidence les moyens alloués par Innosuisse dans les différentes catégories d'encouragement en 2018.

Collaboration entre le FNS et Innosuisse

Les activités d'encouragement du FNS sont centrées sur la production de connaissances scientifiques, celles d'Innosuisse sur l'innovation dans la perspective d'une application commerciale. Les deux institutions possèdent donc des profils très distincts associés à des priorités spécifiques, et se complètent ainsi de manière optimale. Cette complémentarité donne lieu à de nombreux champs de coopération, tels que le programme Bridge développé en commun par les deux organisations et orienté sur les projets à l'interface entre la recherche fondamentale et l'innovation basée sur la science.

5.3 Académies suisses des sciences

Les Académies suisses des sciences nourrissent le dialogue entre la science et la société, et conseillent la classe politique, l'administration et la société sur les questions scientifiques qui intéressent cette dernière. Elles représentent les disciplines scientifiques et apportent une contribution importante à la mise en réseau interdisciplinaire. Sur mandat de la Confédération, les Académies suisses des sciences définissent des initiatives d'impulsion et de coordination, qu'elles mettent en œuvre en collaboration avec d'autres acteurs du domaine FRI.²⁷ Elles s'engagent en faveur de la place scientifique suisse en faisant en sorte que la Suisse soit représentée au sein des organisations spécialisées et des académies actives au niveau international.

L'ancrage des Académies dans la communauté scientifique leur donne accès à l'expertise et à l'excellence de quelque 110 000 spécialistes qu'elles utilisent pour examiner des questions générales, par exemple de culture scientifique et de planification des infrastructures, pour jeter une lumière scientifique sur de grandes questions politiques et pour promouvoir une bonne compréhension de la science dans la société. Les Académies suisses des sciences reçoivent chaque année 43 millions de francs suisses de la Confédération, avec laquelle elles ont conclu une convention de prestations.

Les Académies suisses des sciences regroupent les quatre académies scientifiques suisses : l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT), l'Académie suisse des sciences humaines et so-

²⁶ Grâce à ses 600 points de contact régionaux répartis dans plus de seize pays, l'EEN apporte son soutien aux PME en les aidant à développer des coopérations, à accéder au TST, et à mettre en place des partenariats stratégiques. La Suisse participe à l'EEN sur la base d'un autofinancement.

²⁷ Exemples d'initiatives : le programme d'encouragement dans le domaine MINT (Mathématiques, Informatique, Sciences naturelles et Technique) et le Swiss Personalized Health Network (SPHN).

ciales (ASSH), l'Académie suisse des sciences médicales (ASSM) et l'Académie suisse des sciences techniques (SATW). Elles englobent également les deux centres de compétences TA-SWISS (évaluation des choix technologiques) ainsi que Science et Cité (dialogue entre la science et la société).

5.4 Recherche de l'administration fédérale

Les projets de recherche de l'administration fédérale sont lancés par l'administration fédérale, qui peut ensuite en exploiter les résultats pour l'exécution de ses missions (voir chapitre 2.4). La recherche de l'administration fédérale inclut aussi bien la recherche fondamentale que la recherche appliquée ou encore le développement axé sur le marché, par exemple dans le domaine de la mise en place d'installations pilotes ou de démonstration.

À cet effet, la Confédération dispose de ses propres centres de recherche et est ainsi à même d'exécuter des tâches de R-D. L'Agroscope, rattaché à l'Office fédéral de l'agriculture, et le Laboratoire de Spiez, une division de l'Office fédéral de la protection de la population, sont deux exemples d'entités appartenant à la Confédération et ayant des activités de R-D. Par ailleurs, la Confédération réalise ses propres programmes de recherche en collaboration avec des hautes écoles, le FNS, des académies ainsi qu'Innosuisse.

Elle verse aussi des contributions à des tiers et octroie des mandats de recherche (recherche contractuelle), le plus souvent des expertises et des avis, ou des études de suivi destinées à évaluer l'impact de décisions politiques.

Plus de 30 services fédéraux sont impliqués dans la recherche de l'administration fédérale, que le Conseil fédéral a répartie entre onze domaines. Le SEFRI en assure la coordination. En 2018, la Confédération a investi 308 millions de francs dans des recherches de ce type.

5.5 Encouragement de la recherche et de l'innovation aux niveaux régional, cantonal et communal

À l'intérieur d'un pays, la compétitivité et la capacité d'innovation présentent souvent d'importantes disparités régionales, si bien que les régions jouent un rôle de plus en plus marqué dans l'encouragement de l'innovation (OCDE, 2011).

Depuis 2008, la nouvelle politique régionale (NPR) de la Confédération, dont la gestion incombe au SECO, tient compte de ce fait. Elle soutient ainsi les régions de montagne et autres régions rurales et vise à renforcer la compétitivité des régions par le biais d'un encouragement de l'innovation et de l'entrepreneuriat sur place. L'objectif des systèmes régionaux d'innovation (SRI) est d'améliorer la coordination des offres d'encouragement existantes (p. ex. clusters, coaching en innovation, manifesta-

tions, projets de coopération interentreprises) dans l'intérêt des PME et de cibler les spécificités régionales (SECO, 2018). Cela doit permettre aussi de mieux exploiter les potentiels régionaux et d'accroître la dynamique innovatrice des régions. Les cantons jouissent d'une large marge de manœuvre dans l'organisation de ces programmes SRI. L'offre de prestation varie donc d'un système régional à l'autre.

En finançant les universités cantonales, les hautes écoles spécialisées et les hautes écoles pédagogiques, les cantons apportent une contribution majeure à l'encouragement de la recherche et de l'innovation. Les cantons, dans leur grande majorité et en partie grâce au soutien de la politique régionale, encouragent l'innovation et l'économie par des aides à la création d'entreprises ou un soutien aux réseaux et clusters régionaux. Ils le font en lien étroit avec les entreprises et, parfois, recourent à un coaching. Ils s'appuient pour cela sur des services de promotion économique cantonaux ou intercantonaux, qui informent les entreprises des avantages que leur offre le canton, maintiennent le contact avec les investisseurs, diffusent les offres d'implantation, organisent le suivi des investisseurs et assurent le contact avec la clientèle sur place. Plusieurs cantons offrent également des avantages fiscaux. Ils mettent en outre à profit leurs établissements de formation pour soutenir le développement régional.²⁸

Tout comme d'autres banques, les banques cantonales ainsi que certaines banques régionales proposent aussi des financements pour les start-up. La participation de banques cantonales à des concours et prix d'encouragement aux entreprises particulièrement innovantes est par ailleurs courante. Et plusieurs banques cantonales proposent aux start-up des aides sous la forme de guides et de modèles de documents.

Les villes et les communes encouragent elles aussi l'innovation par le biais de pépinières et de parcs technologiques. À l'image du Technoparc de Zurich, ceux-ci sont en général financés par le secteur privé, parfois en coopération avec les pouvoirs publics. Une société immobilière fournit généralement les locaux, et une société d'exploitation sélectionne les entreprises innovantes qui les occuperont et leur apporte divers services d'appui.

5.6 Fondations

Des fondations encouragent aussi la recherche et l'innovation. En 2018, près de 13 000 fondations d'utilité publique contribuaient en Suisse à la vie culturelle, sociale et scientifique.

Près d'un cinquième d'entre elles menaient des activités de formation et de recherche (Eckhardt et al., 2019). On peut citer

²⁸ Voici quelques exemples de services cantonaux ou de réseaux régionaux d'encouragement de l'activité économique : l'Initiative Hightech Aargau, la fondation Agire (Agenzia per l'innovazione regionale del Cantone Ticino) ou encore l'association Platinn en Suisse romande.

parmi les différentes fondations de ce type la fondation Gebert Rüf,²⁹ la fondation Recherche suisse contre le cancer³⁰ ou encore la fondation Hasler.³¹

Les fondations, qui soutiennent financièrement un large spectre de projets de recherche et d'innovation de diverse nature tout en appliquant des critères d'encouragement variés, jouent un rôle important en faveur de la diversité de la promotion dans ces domaines.

6 Coopération internationale

L'objectif de la coopération internationale dans le domaine FRI est de consolider la position de la Suisse parmi les pôles les plus compétitifs au monde, et même de la renforcer. Les instruments internationaux d'encouragement de la recherche et de l'innovation complètent donc les dispositifs nationaux et ouvrent aux acteurs suisses l'accès à de précieux réseaux internationaux.³²

6.1 Programmes-cadres européens pour la recherche et l'innovation

Les programmes-cadres de recherche et d'innovation (PCR) de l'Union européenne (UE) revêtent une importance majeure dans la coopération internationale de la Suisse. La 8^e génération du programme-cadre – Horizon 2020 – s'étend sur la période de 2014 à 2020; la 9^e génération – Horizon Europe – couvrira la période de 2021 à 2027.

La Suisse prend part aux PCR sous différentes formes :

1987 – 2003 : 1 ^{er} au 6 ^e PCR	État tiers
2004 – 2013 : 6 ^e et 7 ^e PCR	Association complète
2014 – 2016 : Horizon 2020 (8 ^e PCR)	Association partielle
2017 – 2020 : Horizon 2020 (8 ^e PCR)	Association complète

La forme de la participation de la Suisse à Horizon Europe reste encore à définir (état : fin 2019).

La participation des acteurs suisses de la R-I aux PCR est avantageuse pour la Suisse à plusieurs égards. Les chercheurs suisses travaillent avec des chercheurs d'Europe et du monde entier sur des projets transnationaux. Les nombreuses retombées positives de

cette collaboration sur les plans scientifique, technologique, mais aussi économique jouent un rôle important (SEFRI, 2019). Le taux de succès des propositions de projet impliquant des chercheurs suisses est très élevé en comparaison européenne, bien que la participation de la Suisse aux PRC était pour la première fois en recul en raison de l'association partielle à Horizon 2020.³³ Il ne sera toutefois possible de tirer un bilan définitif qu'une fois Horizon 2020 arrivé à son terme (SEFRI, 2018a).

Conseil des participants suisses aux programmes européens

Le réseau d'information Euresearch est chargé par le SEFRI de fournir aux acteurs suisses de la recherche et de l'innovation des informations et des conseils portant sur la participation aux PCR. Son siège est à Berne et il dispose d'antennes régionales dans plus de dix sites universitaires.

En plus d'Euresearch, la Confédération finance SwissCore (Swiss Contact Office for European Research, Innovation and Education, financé par le SEFRI, le FNS et Innosuisse). Le bureau de liaison pour les chercheurs et étudiants suisses se trouve à Bruxelles. Swisscore soutient les acteurs FRI suisses dans leur mise en réseau sur place.

6.2 Programmes européens de formation et de mobilité

La participation de la Suisse aux actions de l'UE dans le domaine de l'éducation et de la formation représente depuis plus de 20 ans un instrument éprouvé et déterminant de la politique d'encouragement international de la Confédération. La participation aux programmes d'éducation et de formation pluriannuels de l'UE, que ce soit sur le mode projet par projet ou sous la forme d'une association, permet à la Suisse d'encourager la mobilité individuelle à des fins de formation et la coopération entre des institutions et des acteurs suisses et européens.

Le programme européen actuel, Erasmus+, porte sur la période de 2014 à 2020. La Suisse y participe actuellement avec un statut de pays tiers. En 2019, le programme Erasmus+ a permis à plus de 12 700 participants suisses et européens d'enrichir leur formation grâce à un séjour d'études dans un autre pays. Movetia, l'agence nationale suisse pour la promotion des échanges et de la mobilité, soutenue par la Confédération et les cantons, est responsable de la mise en œuvre de la participation à Erasmus+. La Confédération mène actuellement des discussions avec l'UE pour examiner une éventuelle association au programme appelé à succéder à Erasmus+ (2021–2027).

²⁹ La fondation Gebert Rüf promeut l'innovation dans l'intérêt de l'économie et de la société suisses. Son but est de financer des projets scientifiques menés dans les hautes écoles suisses et axés sur l'application et les résultats.

³⁰ La fondation Recherche suisse contre le cancer promeut la recherche sur le cancer dans tous ses domaines : recherche fondamentale, clinique, épidémiologique et psychosociale. Elle s'attache particulièrement à soutenir des projets orientés vers le patient.

³¹ Le but de la Fondation Hasler est d'encourager les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour le bien et au profit de la place intellectuelle et professionnelle suisse.

³² Le Conseil fédéral a actualisé en 2018 sa stratégie internationale dans le domaine de la formation, de la recherche et de l'innovation (Conseil fédéral, 2018a).

³³ Les indicateurs les plus parlants ici sont le recul des participations suisses par rapport à d'autres pays, la baisse significative des coordinations suisses ainsi que la diminution de la part des financements obtenus par les institutions de recherche suisses du total des financements alloués jusqu'ici dans le cadre d'Horizon 2020.

6.3 Infrastructures, initiatives et programmes de coopération internationale en matière de recherche et d'innovation

Au-delà des programmes-cadres de l'UE, la Suisse est membre et partenaire d'autres programmes, infrastructures et initiatives de coopération internationale en matière de recherche et d'innovation. Le but est d'intégrer les acteurs suisses de la recherche et de l'innovation aux principaux réseaux internationaux. Cette intégration leur donne notamment accès à des installations de recherche très onéreuses, où ils peuvent réaliser des expériences, ainsi qu'à un vaste savoir.

La Suisse est ainsi un État fondateur de l'Agence spatiale européenne (ESA). Grâce à leur participation aux programmes de l'ESA, les acteurs suisses de la recherche et de l'innovation ont accès à des données scientifiques et à des mandats et projets de recherche dans le contexte de la concurrence internationale. Depuis la création de l'ESA, en 1975, la Suisse a su exploiter l'excellence de la recherche et la forte valeur ajoutée de celle-ci pour disposer aujourd'hui d'un écosystème spatial efficace et à forte capacité d'innovation.

La Suisse est également membre du CERN, qui est doté d'équipements complexes destinés à la recherche fondamentale en physique et qui est le plus gros centre de recherche au monde en physique des particules. Fondé en 1964, le CERN fait partie des plus grosses infrastructures de recherche au monde. Il se situe près

de Genève, en Suisse, avec des installations se trouvant à cheval sur la frontière franco-suisse. Ce centre de recherche joue un rôle important pour le développement du paysage de la recherche et de l'innovation de la Suisse.

La Suisse participe également à EUREKA, une initiative interétatique orientée spécifiquement sur l'encouragement de coopérations en matière d'innovation des PME.

Un aperçu non exhaustif de la participation suisse aux infrastructures, initiatives et programmes internationaux est disponible en annexe de cette partie.

6.4 Collaboration bilatérale en matière de recherche et d'innovation et réseau swissnex

La Confédération finance des programmes bilatéraux d'encouragement de la collaboration en matière de recherche et d'innovation avec un certain nombre de pays prioritaires, par exemple l'Afrique du Sud, le Brésil, la Chine, la Corée du Sud, l'Inde, le Japon et la Russie. Ces programmes visent à encourager la diversification des partenariats internationaux et la mise à disposition d'instruments de coopération. Ils doivent faciliter l'émergence de partenariats d'excellence avec des pays ou des régions d'avenir du point de vue scientifique, mais aussi appuyer les acteurs FRI suisses dans leurs efforts d'internationalisation.

Graphique A 6.1 : Réseau swissnex



Le réseau swissnex est un autre instrument d'encouragement de la collaboration internationale, créé à l'initiative de la Confédération. Il soutient la mise en réseau internationale des hautes écoles, des scientifiques et des entreprises suisses proches de la recherche. Le réseau swissnex compte une vingtaine de conseillers scientifiques auprès des ambassades de Suisse, ainsi que les cinq sites swissnex de Bangladore, Boston, Rio de Janeiro, San Francisco et Shanghai.

7 Transfert de savoir et de technologie

Les coopérations entre les entreprises et entre les entreprises et les hautes écoles revêtent une importance croissante pour le succès de l'innovation. Recourir aux compétences et aux prestations de partenaires pour élargir son propre potentiel d'innovation répond ainsi à une stratégie active.

Le transfert de savoir et de technologie (TST) consiste dans l'échange, la mise à disposition et la transmission d'informations, de compétences et de résultats de R-D entre les hautes écoles et les institutions de recherche, d'une part, et les entreprises et les acteurs publics, d'autre part, dans le but de lancer ou de renforcer des processus d'innovation et, par là, d'encourager cette dernière. Il s'agit en premier lieu de mettre en valeur sur le plan économique des savoirs disponibles ou des savoirs créés conjointement par les partenaires (voir Partie C, études 4 & 5).

Les prestations de services et le TST font expressément partie des tâches des EPF, des universités et des HES. Comme les hautes écoles mettent traditionnellement l'accent sur l'enseignement et la recherche, ce sont les diplômés embauchés par les entreprises qui sont les principaux vecteurs du TST (on parle de « TST à travers la mobilité des cerveaux »). Le TST peut aussi revêtir d'autres formes, telles que les coopérations en matière de recherche ou les conseils.

Le TST est aussi mis en œuvre à travers la participation de la Suisse à des programmes (p. ex. PCR), des infrastructures (p. ex. le CERN) et des initiatives (p. ex. Eureka) pour la collaboration internationale en matière de recherche et d'innovation (voir chapitre 6.3 et annexe). Dans le domaine de la technologie spatiale, la Confédération poursuit également, grâce à sa participation à l'ESA, une politique qui requiert explicitement le TST et qui comprend tout particulièrement le transfert entre les programmes institutionnels de l'ESA et les marchés commerciaux. Des mesures nationales complémentaires permettent en outre d'encourager le TST dans le domaine des technologies spatiales.

Le TST est mis en place essentiellement dans les filières techniques et scientifiques, mais aussi médicales. Le transfert de savoir en provenance des secteurs de la santé, du social, des arts ainsi que des sciences humaines et sociales, sous la forme de conseil, d'états des lieux, d'analyses et de solutions alternatives offrant des perspectives innovantes sur le plan sociétal revêt aussi de l'importance.

Association suisse de transfert de technologie (swiTT)

L'Association suisse de transfert de technologie (swiTT) rassemble les personnes qui se consacrent au transfert de technologie dans le cadre de leur profession principale et se consacrent pour l'essentiel à la coopération entre des établissements de recherche publics et privés, des hôpitaux et d'autres institutions de recherche à but non lucratif. L'association met les activités de TST en réseau entre les institutions de recherche et l'économie. Ses membres et d'autres personnes impliquées dans le TST dans le monde académique et le secteur économique profitent de son soutien professionnel, de ses offres de formation continue et d'une large palette de prestations de services.

7.1 Services de transfert de technologie

Les services de transfert de technologie ou de TST des établissements de recherche et d'éducation financés par les pouvoirs publics permettent aux chercheurs de mettre en relation des projets de R-D avec les personnes détenant les compétences nécessaires au sein de leur institution ou à l'extérieur. Par ailleurs, ils identifient et évaluent les résultats de recherche présentant un potentiel économique, définissent avec les chercheurs des stratégies de mise en valeur (p. ex. concernant les brevets et licences) et les mettent en œuvre conjointement avec les chercheurs et les entreprises.

En Suisse, les services de TST revêtent essentiellement trois formes institutionnelles :

- Le service de TST est entièrement intégré à la haute école, en qualité d'unité administrative ou d'état-major, dirigé de manière centralisée. C'est la typologie retenue par la plupart des hautes écoles universitaires, comme le service « ETH-Transfer » de l'ETH Zurich.
- Le service de TST est certes intégré à la haute école, mais le poids principal de ses activités est décentralisé dans des facultés ou des départements et lié à des mandats confiés à l'extérieur pour des travaux de TST. Ce modèle d'organisation a été adopté par plusieurs HES.
- Plusieurs universités travaillent ensemble pour soutenir le TST : une entreprise détenue en commun par ces universités accompagne et fait avancer les processus de transfert en tant que service externe de TST. Les universités de Zurich, Berne et Bâle ont adopté cette solution avec l'entreprise Unitectra AG.

7.2 Partenariats public-privé et centres de compétences technologiques

Les partenariats public-privé (PPP) entre les hautes écoles et le secteur privé offrent un potentiel de TST significatif. L'Empa, un établissement de recherche rattaché au domaine des EPF, en est un bon exemple : il transforme ses résultats de recherche en innovations en collaboration avec des partenaires industriels ou par le biais de spin-off. De même, les instituts de recherche cofinancés

par le public et le privé (p. ex. Disney Lab Zurich, le Nestlé Institute of Health Sciences) ainsi que les chaires des hautes écoles financées par le secteur privé sont importants pour le TST. Enfin, l'ESA implémente par exemple de plus en plus de programmes sous forme de PPP où des entreprises suisses sont des partenaires actifs du consortium.

Les centres de compétences technologiques relevant de l'art. 15 LERI sont aussi conçus comme PPP et possèdent un mandat de transfert de technologie. Il s'agit ici en règle générale d'établissements de recherche extra-universitaires d'importance nationale qui coopèrent avec les hautes écoles et l'économie privée en tant qu'unités juridiquement autonomes. Des exemples récents en Suisse sont le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) de Neuchâtel, le Campus Biotech de Genève et Inspire SA à Zurich et Saint-Gall, active dans les systèmes de production mécatroniques et les technologies de fabrication.

7.3 Parc suisse d'innovation

Le Parc suisse d'innovation est une initiative de partenariat public-privé d'importance nationale soutenue par les pouvoirs publics (Confédération et cantons), les milieux scientifiques et l'économie privée. Sous la marque faîtière « Switzerland Innovation », le parc comprend actuellement cinq entités en charge des sites suivants : « Switzerland Innovation Park (SIP) Basel Area » (Association SIP Basel Area), « SIP Biel/Bienne » (Innocampus AG), « SIP innovaare » (Innovaare AG), « SIP Network West EPFL » (Association SIP West EPFL) et « SIP Zürich » (Stiftung Innovationspark Zürich). D'autres sites sont rattachés.

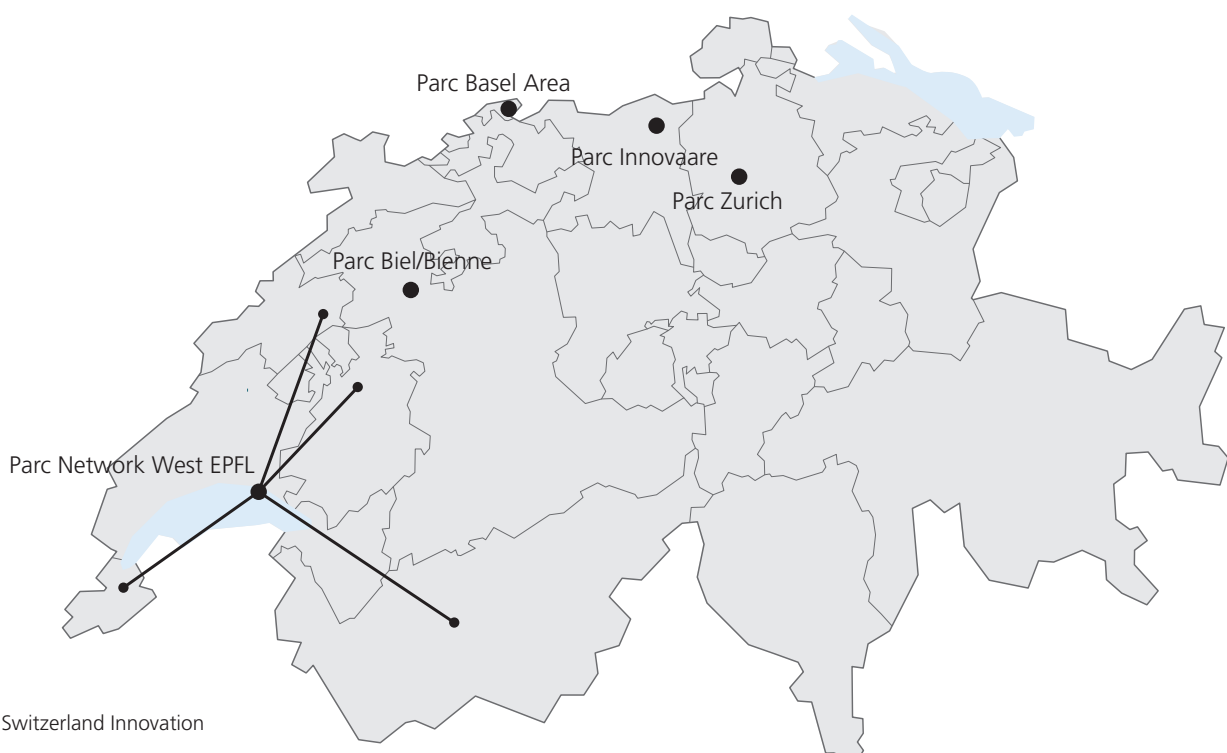
Le Parc suisse d'innovation a pour mission de rendre possible les coopérations en matière de R-D entre les entreprises, les hautes écoles et les partenaires de recherche, l'établissement d'entreprises et de groupes de recherche, les investissements en R-D par des investisseurs privés, le TST, et la création de conditions attractives pour les start-up.

Cinq ans environ après le lancement du parc d'innovation, le bilan est positif : tous les sites fonctionnent, la marque faîtière « Switzerland Innovation » est bien établie et des avancées considérables ont été réalisées en termes de créations d'emplois, d'implantation d'entreprises et d'investissements. Par ailleurs, grâce aux surfaces nouvellement acquises, le parc est de plus en plus attractif aux yeux des nouveaux acteurs de la R-D.

Le financement est assuré par les cantons et des investisseurs privés. Les possibilités de soutien de la Confédération se limitent au cautionnement de prêts affectés à des objectifs précis et limités dans le temps au profit des entités en charge des sites. Ces prêts permettent de financer la construction d'infrastructures de recherche sur les sites. Par ailleurs, en vertu de l'art. 33 LERI, la Confédération peut soutenir le parc suisse d'innovation par la cession de bien-fonds appropriés en droit de superficie.

Le Parc suisse d'innovation contribue de manière décisive à l'attractivité et à la compétitivité de la Suisse en matière de recherche et d'innovation.

Graphique A 7.1 : Sites du Parc suisse d'innovation



Source : Switzerland Innovation

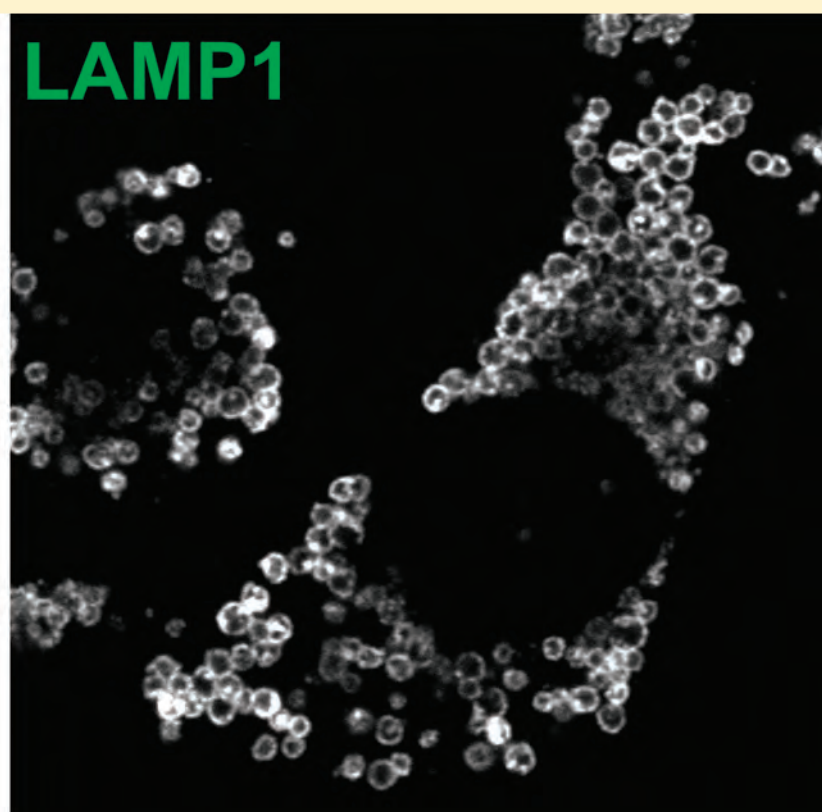
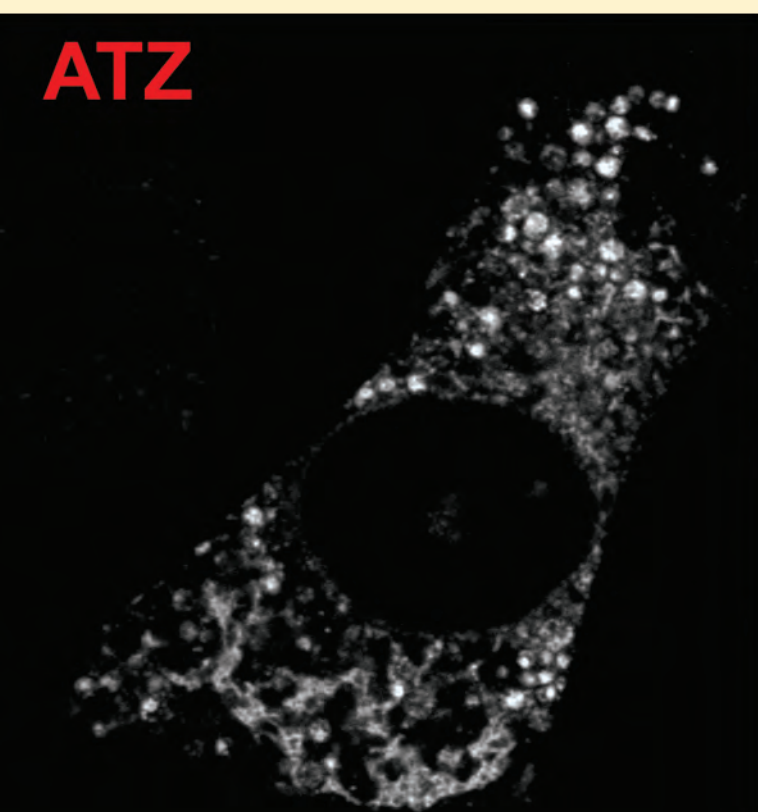
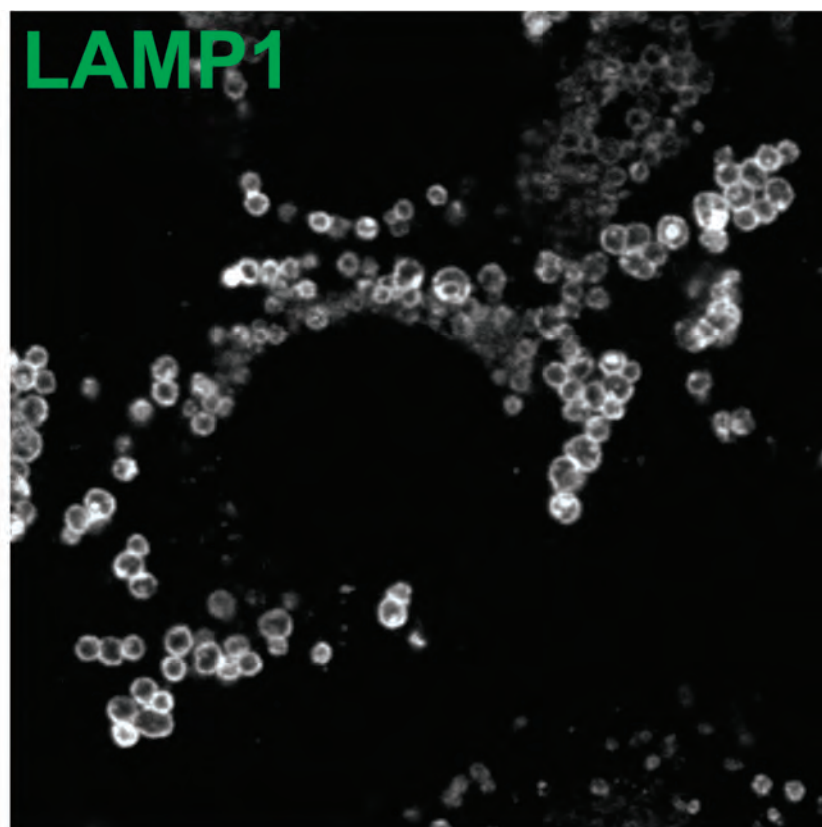
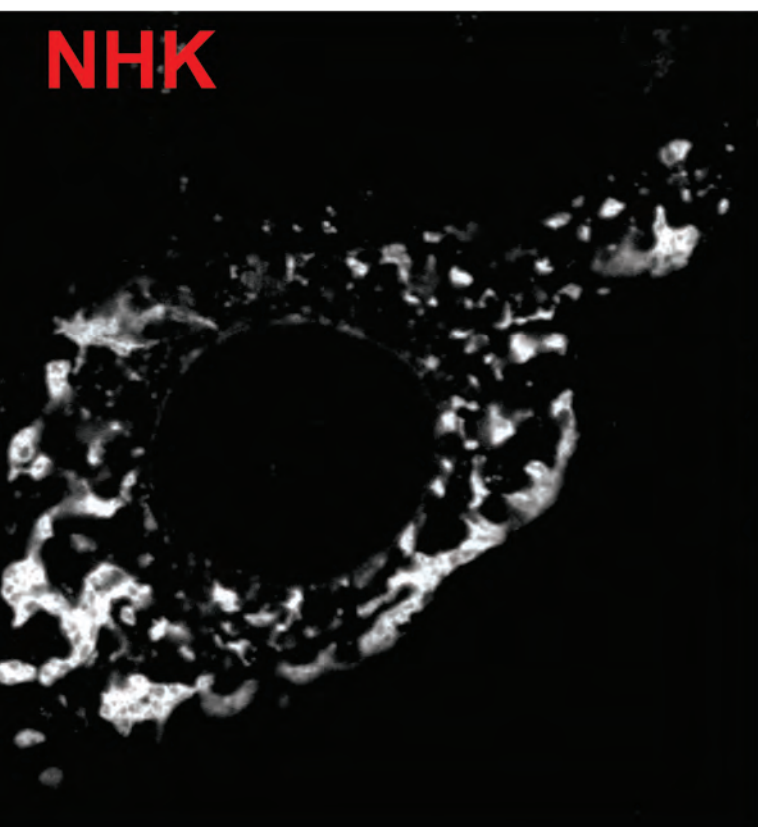
Annexe

Infrastructures, initiatives et programmes de coopération internationale en matière de recherche et d'innovation

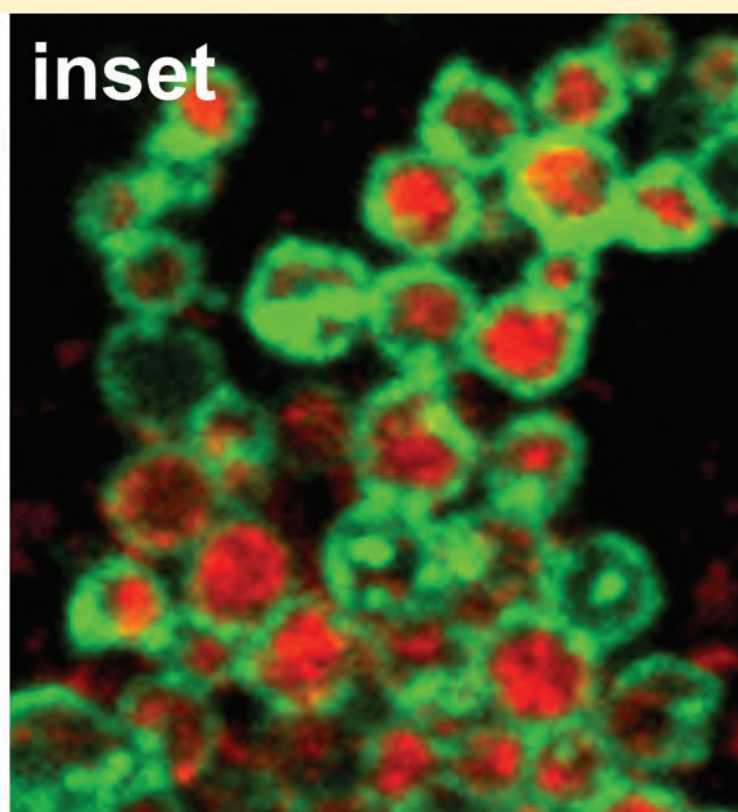
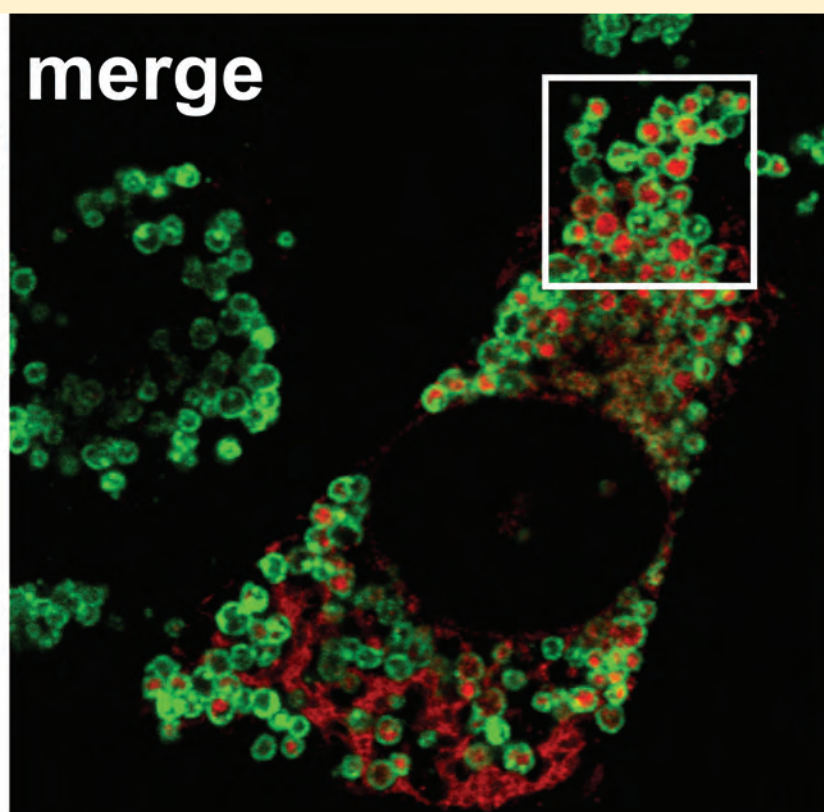
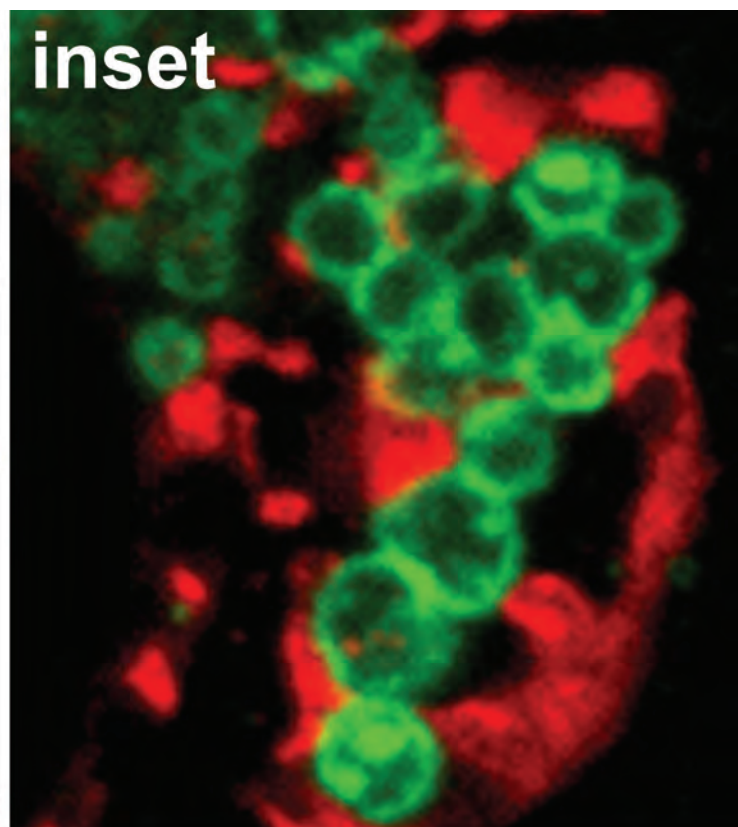
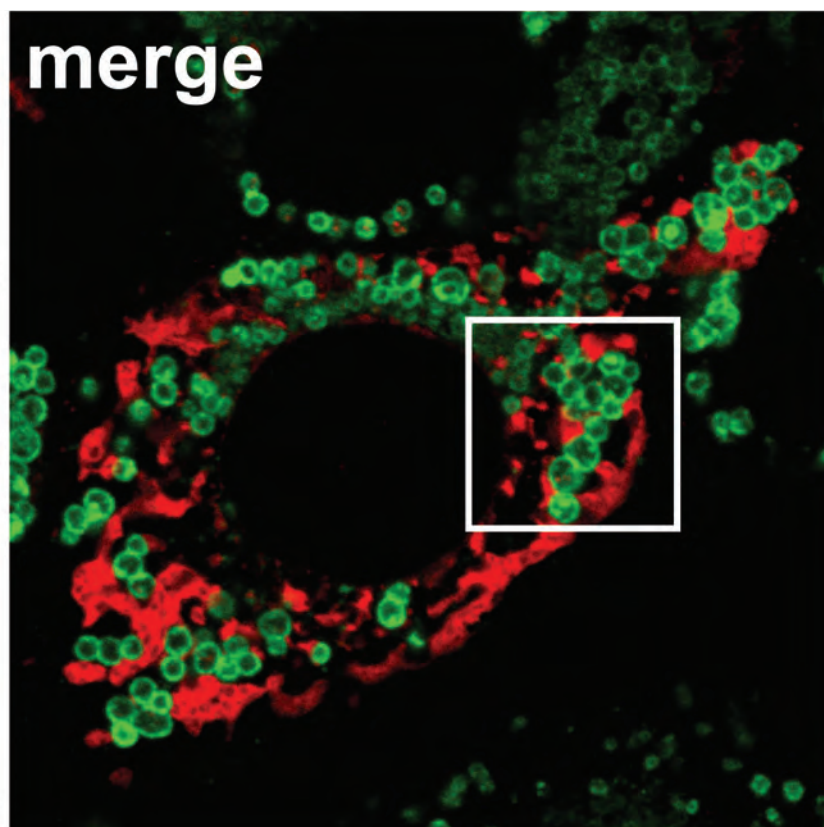
Le tableau suivant fournit une liste non exhaustive des coopérations mentionnées au chapitre 6.3 et d'autres participations de la Suisse à des infrastructures, initiatives et programmes internationaux de recherche et d'innovation.

Nom	Objectif
Programmes de recherche et d'innovation internationaux	
PCR, Programme-cadre de recherche et d'innovation de l'Union européenne, Bruxelles (Belgique)	Principal instrument de l'UE pour mettre en oeuvre la politique commune en matière de science et de technologie. La 8 ^e génération de programmes, baptisée « Horizon 2020 », couvre la période 2014–2020. La prochaine génération du programme, Horizon Europe, couvrira la période 2021–2027.
Instruments de partenariat cofinancés par Horizon 2020 : – Public-Public Partnerships (P2P) européens ainsi que, p. ex., Active Assisted Living (AAL), European & Developing Countries Clinical Trials Partnership (ECDPT), Eurostars, European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR); – Joint Undertakings (JU) européens, p. ex. Innovative Medicines Initiative (IMI), Bio-based Industries (BBI), Electronic Components and Systems for European Leadership (ECSEL).	
EURATOM, Communauté européenne de l'énergie atomique, programme de recherche sur la fusion, Bruxelles (Belgique)	Coordonne les activités de recherche nationales en vue de l'utilisation pacifique transfrontière de l'énergie nucléaire.
EMBC, Conférence européenne de biologie moléculaire, Heidelberg (Allemagne)	Promeut la recherche en biologie moléculaire en Europe, et soutient à cet effet la formation et les échanges entre chercheurs européens.
Infrastructures de recherche internationales	
CERN, Laboratoire européen pour la physique des particules, Genève (Suisse)	Favorise la coopération entre États européens dans la recherche en physique nucléaire et en physique des particules à des fins exclusivement pacifiques, et promeut la recherche de pointe dans le domaine de la physique des hautes énergies sur ses accélérateurs de particules.
EMBL, Laboratoire européen de biologie moléculaire, Heidelberg (Allemagne)	Encourage la coopération européenne en recherche fondamentale en biologie moléculaire, offre les infrastructures indispensables et participe au développement d'instrumentations de pointe pour la biologie moderne.
ESO, Organisation européenne pour la recherche en astronomie dans l'hémisphère sud, Garching (Allemagne) et plusieurs sites au Chili	Construit et exploite des observatoires astronomiques dans l'hémisphère Sud. Encourage la recherche européenne en astronomie.
ESRF, Installation européenne de rayonnement synchrotron, Grenoble (France)	Met à disposition des sources de rayons X d'une intensité énergétique et d'une précision très élevées. Ce rayonnement synchrotron permet d'analyser les structures en physique des solides, en biologie moléculaire et en science des matériaux, de proposer des diagnostics et des thérapies en médecine et de réaliser des expériences particulières en radiobiologie, en physique fondamentale et en chimie physique. L'ESFR complète la Source de Lumière Suisse (PSI).

Nom	Objectif
Infrastructures de recherche internationales	
ITER Organization, Cadarache (France) / Fusion for Energy, Barcelone (Espagne)	Construit pour 2025, le plus gros réacteur expérimental de fusion thermo-nucléaire au monde, dernière étape dans la production d'énergie de fusion. La Suisse participe indirectement à ITER, elle est représentée par l'UE. En revanche, elle est membre à part entière de l'entreprise européenne Fusion for Energy, qui a en charge la gestion de la contribution européenne à ITER. ITER complète les installations du Swiss Plasma Center (EPFL).
European XFEL, Laser européen à électrons libres dans le domaine des rayons X, Hambourg (Allemagne)	Produit des impulsions lumineuses très intenses et brèves. Il deviendra ainsi possible, par exemple, de générer des images de virus à l'échelle atomique et de la composition moléculaire de cellules, d'observer le monde nanocosmique et de filmer des réactions physico-chimiques ou biologiques. L'European XFEL complète le SwissFEL (PSI).
ILL, Institut Max von Laue – Paul Langevin, Grenoble (France)	Cette puissante source de neutrons sert à des recherches et analyses en science des matériaux, en physique des solides, en chimie, en cristallographie, en biologie moléculaire ainsi qu'en physique nucléaire et fondamentale. L'ILL complète la Source suisse de neutrons de spallation (PSI).
ESS, Source européenne de neutrons de spallation, Lund (Suède)	Cette infrastructure de recherche européenne construit la source de neutrons la plus puissante du monde. La Suisse a participé dès le départ à la planification et à la construction de l'ESS et s'engagera également dans l'exploitation de l'installation. L'ESS complète la Source suisse de neutrons de spallation (PSI).
Espace	
ESA, Agence spatiale européenne, Paris (France)	Promeut la coopération entre les pays d'Europe dans le domaine de la recherche et des technologies spatiales en vue de leur exploitation scientifique et de leur application opérationnelle, par exemple dans les systèmes de navigation ou les satellites météorologiques.
Initiatives internationales en matière de R-I	
COST, Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique, Bruxelles (Belgique)	Permet à des chercheurs de nombreuses institutions, universités et entreprises de s'organiser en réseaux européens et de mener ensemble un large éventail d'activités de R-D. COST complète les PCR et EUREKA.
EUREKA, Initiative européenne de coopération en recherche et technologie, Bruxelles (Belgique)	Instrument de renforcement de la compétitivité européenne. Mutualise dans une approche ascendante les savoirs à visées commerciales fondés sur la R-D et l'application. Les projets transnationaux réalisés à la faveur des coopérations entre entreprises, centres de recherche et universités permettent de lancer sur le marché des produits, des procédés et des services innovants. Soutient en priorité dans ce but les PME, qui forment aujourd'hui la moitié des partenaires d'EUREKA. EUREKA complète les PCR et COST.



PARTIE B: LA RECHERCHE ET L'INNOVATION SUISSES EN COMPARAISON INTERNATIONALE



Les structures de recherche d'importance nationale participent à la création de valeur ajoutée dans les secteurs scientifiques concernés. Elles complètent les activités de recherche des hautes écoles et du domaine des EPF et sont financées par la Confédération à titre subsidiaire. L'Istituto di Ricerca in Biomedicina (IRB) de Bellinzona, rattaché à l'Université de la Suisse italienne, est l'une de ces structures. Les 30 groupes de recherche de l'IRB travaillent sur les réactions du système immunitaire face aux attaques de pathogènes et aux transformations anormales de nos cellules (cellules cancéreuses par exemple), ainsi que sur la biologie des maladies rares qui affectent surtout les enfants.

Illustration : Maurizio Molinari

Contenu partie B

1 Conditions-cadres de la recherche et de l'innovation.	60	9 Transfert de savoir et de technologie.	99
1.1 Stabilité politique		9.1 Participation des entreprises suisses au TST	
1.2 Qualité des infrastructures		9.2 Formes des activités de TST des entreprises suisses	
1.3 Qualité des prestations publiques		9.3 Partenaires de TST des entreprises suisses	
1.4 Qualité de vie des centres économiques		9.4 Raisons incitant à prendre part au TST	
1.5 Charge fiscale des entreprises		9.5 Obstacles au TST des entreprises suisses	
1.6 Flexibilité du marché du travail		9.6 Coopération entre entreprises innovantes et hautes écoles	
2 Éducation et qualifications	63	10 Entrepreneurat	103
2.1 Compétences des jeunes en mathématiques, sciences naturelles et lecture		10.1 Activités de création d'entreprises	
2.2 Population au bénéfice d'une formation du degré tertiaire		10.2 Attitudes entrepreneuriales	
2.3 Internationalisation du degré tertiaire		10.3 Conditions-cadres	
3 Personnel actif dans le domaine de la recherche et de l'innovation	69	10.4 Accès aux ressources financières	
3.1 Personnes actives en science et technologie		11 Activités d'innovation des entreprises	110
3.2 Personnel de recherche et développement		11.1 Entreprises innovantes	
3.3 Les femmes dans la recherche		11.2 Chiffre d'affaires lié à l'innovation	
4 Financement et dépenses de recherche et développement	72	11.3 Innovations pour l'entreprise ou pour le marché	
4.1 Financement de la R-D		12 Mutations structurelles	115
4.2 Dépenses de R-D		12.1 Structure sectorielle en Suisse	
5 Participation aux programmes-cadres de recherche de l'UE	77	12.2 En comparaison internationale	
5.1 Participations suisses aux PCR		13 La Suisse comparée aux régions-phares de l'innovation.	119
5.2 Horizon 2020		13.1 Dépenses de recherche et développement	
5.3 Qualité de la recherche menée en Suisse		13.2 Publications scientifiques	
6 Publications scientifiques	82	13.3 Demandes de brevets	
6.1 Volume de publications		13.4 Activités d'innovation des entreprises	
6.2 Impact des publications		13.5 Portée des activités à forte intensité de savoir et de recherche	
6.3 Collaborations internationales		13.6 Conclusion	
6.4 Publications suisses par régions			
7 Brevets	86		
7.1 Brevets nationaux et internationaux			
7.2 Coopérations internationales			
7.3 Présence dans les nouvelles technologies			
8 Technologies de l'information et de la communication	90		
8.1 Importance des TIC dans l'économie			
8.2 La diffusion des TIC dans le secteur privé			
8.3 Activités de recherche et d'innovation dans le domaine TIC			
8.4 L'enjeu de la cybersécurité			
8.5 Un défi pour la formation			

Introduction

Cette partie du rapport a pour objectif d'examiner le positionnement international de la Suisse dans le domaine de la recherche et de l'innovation. Cet examen est réalisé sur presque 90 indicateurs clés regroupés en 13 chapitres.

Comparaison internationale

Pour mener à bien cette analyse des forces et faiblesses du système suisse de recherche et d'innovation, 16 pays de référence ont été sélectionnés: l'Allemagne, l'Autriche, la Chine, la Corée du Sud, le Danemark, les États-Unis, la Finlande, la France, Israël, l'Italie, le Japon, la Norvège, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, Singapour et la Suède.

Ces pays ont été retenus car ils présentent au moins une des caractéristiques suivantes :

- ils maîtrisent et développent des technologies de pointe;
- ils présentent une forte intensité d'activités de recherche et d'innovation ;
- ils enregistrent un développement économique avancé;
- leur structure économique est similaire à celle de la Suisse;
- ils sont d'importants partenaires économiques de la Suisse;
- leur taille est comparable à celle de la Suisse.

De plus, quand les données sont disponibles, la moyenne des pays de l'Union européenne (UE-15 ou UE-28) ainsi que des pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) est ajoutée.¹

Les chapitres 1 à 12 présentent la position de la Suisse en comparaison internationale sur une série d'indicateurs référant aux

investissements, aux interactions et aux performances en matière de recherche et d'innovation.

Comparaison avec des régions de l'innovation²

La recherche et l'innovation se concentrent souvent dans un nombre restreint de régions d'un pays. Cela tient notamment aux externalités positives, favorisées par la proximité géographique des acteurs. Ces régions-phares de l'innovation accueillent souvent une part considérable des ressources humaines de la recherche d'un pays et jouent un rôle moteur dans la création de nouvelles connaissances scientifiques et d'innovations.

En raison des structures propres à la Suisse – économie de petite taille, ouverte et fortement spécialisée (fondée sur le savoir) – et des courtes distances entre les sites majeurs de la recherche et de l'innovation, notamment entre les hautes écoles et les centres de recherche et développement des entreprises innovantes, la Suisse peut être considérée comme une seule « région de l'innovation ».

Le chapitre 13 présente le positionnement de la Suisse face aux 21 régions-phares de l'innovation suivantes :

- Bade-Wurtemberg, Bavière, Lombardie-Piémont, grande région de Paris, région Rhône-Alpes et grande région de Londres (six régions européennes) ;
- baie de San Francisco, grandes régions de Seattle, de New York et de Boston, provinces de Québec et de l'Ontario (six régions nord-américaines) ;
- grandes régions de Tokyo, d'Osaka, de Séoul, de Busan-Daegu, de Deajeon, de Shanghai, province de Guangdong, province de Jiangsu et province de Zhejiang (neuf régions d'Asie de l'Est).

Les indicateurs et leurs limites

Les indicateurs sont des représentations quantitatives fournissant des informations synthétiques. Il convient toutefois de garder à l'esprit que les indicateurs doivent être interprétés avec précaution, spécialement dans le domaine de la recherche et de l'innovation :

- Les indicateurs sont généralement statiques et ne peuvent appréhender pleinement la complexité des systèmes nationaux de recherche et d'innovation.
- Les indicateurs descriptifs ne permettent pas d'appréhender les éventuelles relations de causalité entre éléments.
- L'impact des activités de recherche et d'innovation ne peut être mesuré qu'à moyen ou long terme.
- Il est extrêmement difficile de mesurer l'impact de la recherche et de l'innovation sur des biens ne relevant pas des marchés, qu'ils soient de nature culturelle, sociale, politique ou environnementale.
- Dans certains cas, les chiffres relatifs sont utilisés afin de comparer les économies. Toutefois, ces indications relatives ne permettent pas toujours de comparer les pays entre eux. Les données absolues de certaines ressources devraient être utilisées à la place. En effet, les données relatives perdent en force d'explication et de comparabilité lorsque la différence de taille entre les pays augmente.

Ceci dit, les indicateurs présentés ici permettent tout de même d'établir un état des lieux et d'observer l'évolution de la performance de la Suisse en matière de recherche et d'innovation.

¹ Les pays membres de l'UE-15 sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni et la Suède.

L'UE-28 est complétée par les treize pays suivants : la Bulgarie, Chypre, la Croatie, l'Estonie, la Hongrie, la Lituanie, la Lettonie, Malte, la Pologne, la République tchèque, la Roumanie, la Slovaquie ainsi que la Slovénie.

Les 36 pays membres de l'OCDE sont : l'Australie, le Canada, le Chili, la Corée du Sud, les États-Unis, l'Islande, Israël, le Japon, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Suisse et la Turquie ajoutés à 23 pays de l'UE (UE-28 hormis la Bulgarie, Chypre, la Croatie, Malte et la Roumanie).

² Ce chapitre se fonde sur une étude réalisée par le Dr. Christian Rammer, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim (D).

1 Conditions-cadres de la recherche et de l'innovation

De bonnes conditions-cadres sont une condition préalable essentielle au succès d'un pays en matière de recherche et d'innovation. Il s'agit notamment de la stabilité politique, d'infrastructures et de services publics de qualité, de la qualité de vie, de la charge fiscale ou encore de la flexibilité du marché du travail. Ce chapitre compare ces conditions-cadres en Suisse avec celles des pays de référence sur la base d'indicateurs particulièrement significatifs pour la recherche et l'innovation.

1.1 Stabilité politique

La stabilité politique (p. ex. l'absence de conflits socio-politiques violents, une sécurité publique élevée ou encore un gouvernement stable) est une des conditions centrales à la bonne marche d'une économie. Elle est aussi une condition à la croissance à long terme des activités de recherche et d'innovation.

La Suisse se place au second rang sur cet indicateur, derrière Singapour (graphique B 1.1). La stabilité politique au sein des pays nordiques est relativement plus élevée qu'au sein des autres pays européens.

1.2 Qualité des infrastructures

L'étendue et la qualité des infrastructures routières et ferroviaires, d'approvisionnement en électricité et de télécommunication sont indispensables au bon fonctionnement des activités économiques d'un pays.

Globalement, les infrastructures suisses comptent parmi les plus développées au monde (graphique B 1.2). Les pays de référence obtiennent pour la plupart des valeurs relativement proches à la Suisse. La qualité et la couverture des infrastructures en Israël, en Chine et en Italie sont les moins bonnes.

1.3 Qualité des prestations publiques

La qualité des prestations publiques qu'offre un pays est un atout majeur pour maintenir et attirer les chercheurs et les entrepreneurs les plus prometteurs du monde entier.

La Suisse compte parmi les pays dont la qualité des prestations publiques est très élevée (graphique B 1.3). Au sein des pays de l'Union Européenne (UE), la qualité des services publics est relativement semblable. Là aussi, l'Italie et la Chine ferment la marche.

Le Global innovation index 2019 indique que c'est au Danemark que la qualité des services gouvernementaux en ligne est la plus élevée et leur étendue très large (graphique B 1.4). En Suisse, le potentiel de l'e-gouvernance est encore très peu exploité.

1.4 Qualité de vie des centres économiques

Les activités de recherche et d'innovation bénéficient en partie de dynamiques créées au sein des centres économiques d'un pays. L'indice Mercer classe les villes sur la base de neuf critères, dont notamment la qualité de l'habitat, de l'environnement socio-culturel ou encore des services de santé disponibles. En 2019, Vienne arrive en tête de classement. La Suisse, tout comme l'Allemagne, compte trois villes dans le top 10 (tableau B 1.5).

1.5 Charge fiscale des entreprises

Le taux d'imposition total des entreprises en fonction de leurs bénéfices est déterminant pour l'allocation de leurs ressources financières, et particulièrement pour celles allouées aux activités de recherche et développement. Cette observation est particulièrement vraie pour les petites et moyennes entreprises (PME) qui sont généralement contraintes de financer leurs activités d'innovation sur leur flux de trésorerie. De plus, une fiscalité favorable est importante pour la création d'entreprises indigènes et permet d'attirer des entreprises étrangères, venant renforcer le tissu économique du pays.

Avec un taux moyen de 28,8 %, la Suisse se place dans le top 5 des pays à faible taux d'imposition total des entreprises par rapport à leur bénéfice. Singapour, le Danemark et Israël appliquent des taux moyens plus bas, oscillant entre 21 % et 26 % (graphique B 1.6). L'Italie, la France et la Chine appliquent des taux deux fois supérieur au taux moyen suisse.¹

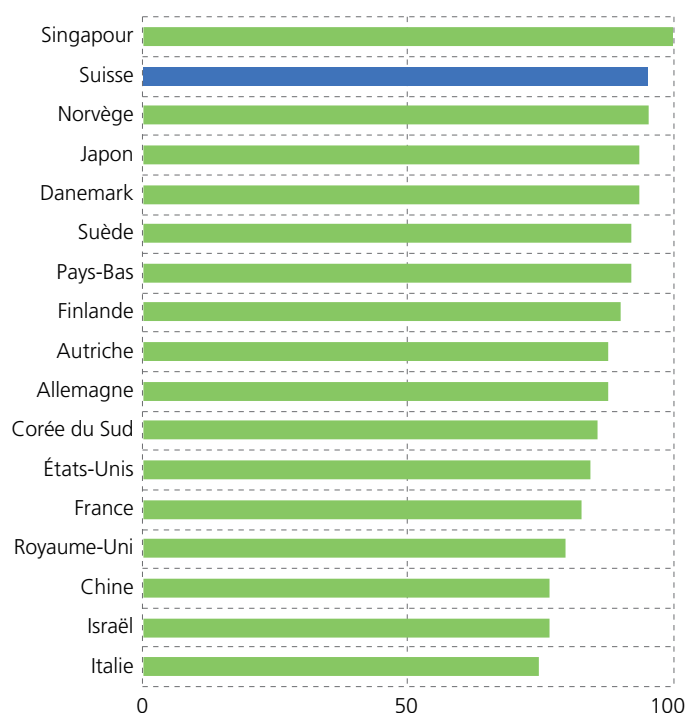
1.6 Flexibilité du marché du travail

Un marché du travail flexible permet aux entreprises de couvrir rapidement leurs besoins en collaborateurs spécialisés. Cela favorise la flexibilité des entreprises sur le plan technologique et accélère l'adoption de nouvelles technologies.

Le graphique B 1.7 examine la flexibilité du marché du travail sur la base d'une enquête menée auprès d'entrepreneurs. Le Danemark, la Suisse et Singapour sont les pays où le marché du travail est le plus flexible. C'est en Italie, en France et en Corée du Sud que le marché du travail est le plus réglementé.

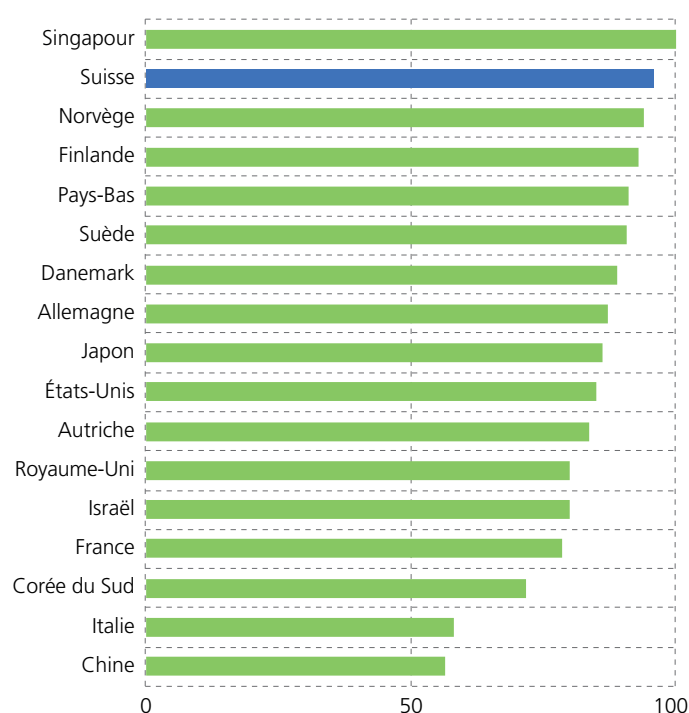
¹ Ces statistiques ont été relevées avant l'entrée en vigueur de la loi fédérale relative à la réforme fiscale et au financement de l'AVS (RFFA) au 1^{er} janvier 2020 (voir partie A, chapitre 1).

Graphique B 1.1 : Stabilité politique, 2019



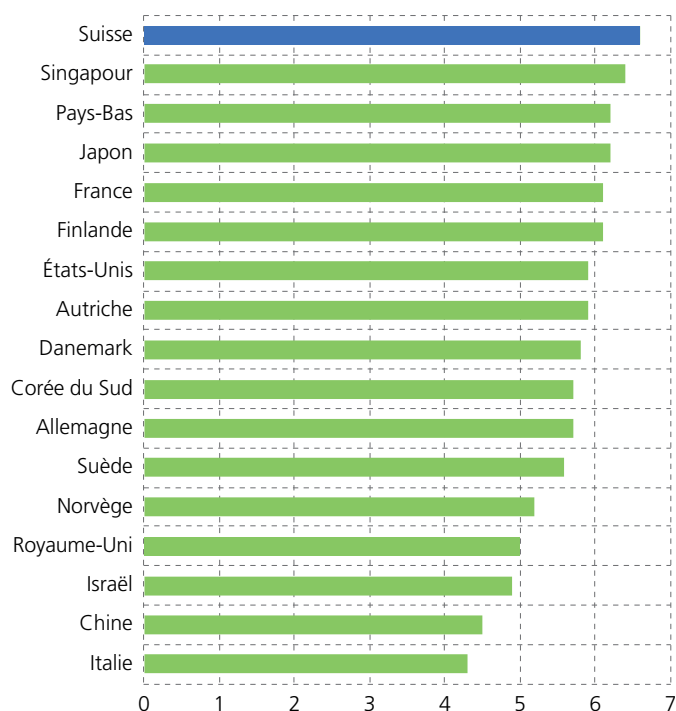
0 = instabilité politique élevée
100 = stabilité politique élevée
Source : Global innovation index

Graphique B 1.3 : Qualité des prestations publiques, 2019



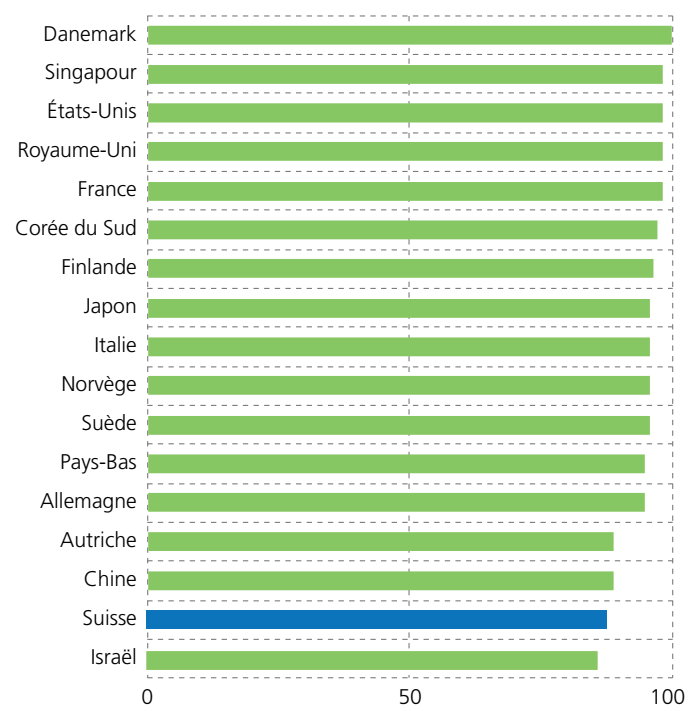
0 = prestations publiques de très mauvaise qualité
100 = prestations publiques de très bonne qualité
Source : Global innovation index

Graphique B 1.2 : Qualité des infrastructures, 2017-2018



1 = fortement sous-développées – parmi les moins bonnes du monde
7 = étendues et efficaces – parmi les meilleures du monde
Source : World Economic Forum

Graphique B 1.4 : Services gouvernementaux en ligne, 2019



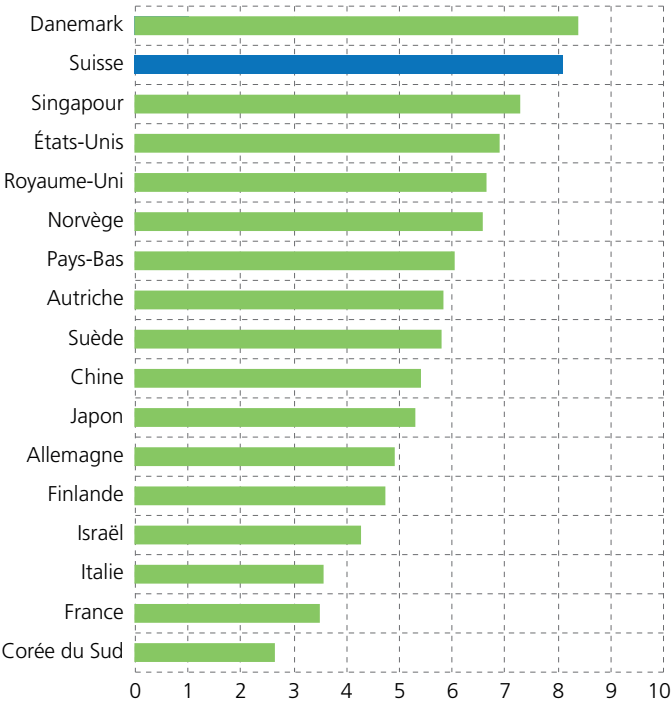
0 = services publics en ligne de très mauvaise qualité et de faible étendue
100 = services publics en ligne de très bonne qualité et de large étendue
Source : Global innovation index, UPAN

Tableau B 1.5: Qualité de vie selon le classement des villes (Top 10), 2019

Rang	Ville	Pays
1	Vienne	Autriche
2	Zurich	Suisse
3	Vancouver	Canada
3	Munich	Allemagne
3	Auckland	Nouvelle-Zélande
6	Düsseldorf	Allemagne
7	Francfort	Allemagne
8	Copenhague	Danemark
9	Genève	Suisse
10	Bâle	Suisse

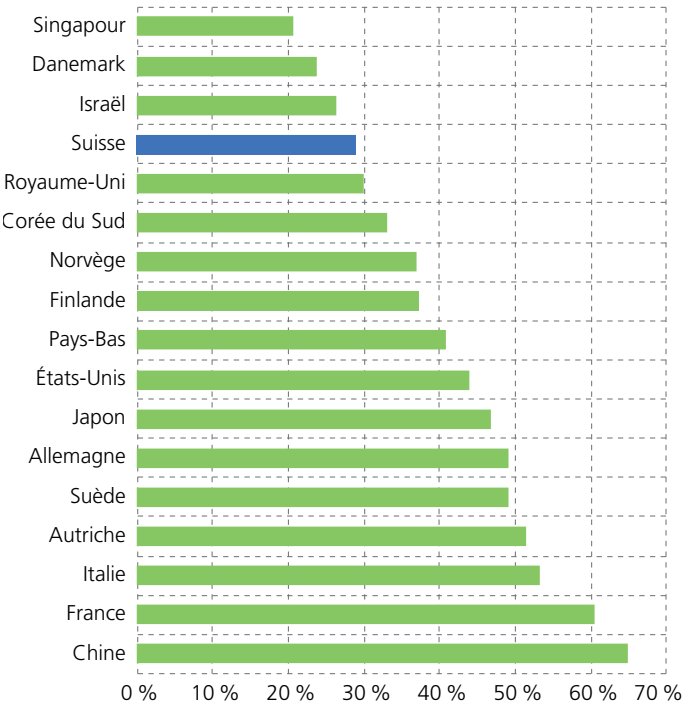
Source : Mercer

Graphique B 1.7 : Flexibilité du marché du travail, 2019



0 = marché peu flexible ou très réglementé
10 = marché très flexible ou peu réglementé
Source : IMD

Graphique B 1.6 : Taux total d'imposition des entreprises en pourcentage du bénéfice, 2019



Source : Banque mondiale

2 Éducation et qualifications

Un haut niveau de qualification de la population d'un pays favorise sa capacité d'innovation. La plupart des États placent l'enseignement supérieur au premier plan de leurs efforts. La Suisse a quant à elle opté pour une stratégie duale où la formation professionnelle axée sur le marché du travail joue un rôle primordial. Pour ce qui est des performances de la Suisse en matière d'innovation, on ne saurait trop insister sur l'importance de la formation professionnelle de base (degré secondaire II) et de la formation professionnelle supérieure (niveau tertiaire) (voir partie C, étude 1).

En l'absence d'indicateurs fiables permettant la comparaison internationale à travers tous les niveaux de la formation, ce chapitre présente des indicateurs standards. Ces derniers font essentiellement référence au degré tertiaire. Au vu des spécificités du système suisse de formation, il convient donc de les interpréter avec prudence.

2.1 Compétences des jeunes en mathématiques, sciences naturelles et lecture

La formation de jeunes adultes qualifiés est une condition préalable essentielle au développement socio-économique d'un pays. Le Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) permet d'évaluer comparativement au sein de plus de 70 pays le niveau des élèves de 15 ans dans les branches des mathématiques, des sciences et de la lecture.

Selon l'enquête 2018, 17 % des jeunes Suisses sont très bons en mathématiques. La Suisse se classe ici au cinquième rang derrière Singapour, la Corée du Sud, les Pays-Bas et le Japon sans tenir compte de la Chine où les données sont uniquement disponibles par région (graphique B 2.1). Cette proportion est nettement supérieure à la moyenne des pays de l'OCDE (10,9 %). En revanche, les jeunes Suisses se situent en milieu de peloton pour ce qui est des sciences naturelles (7,8 %). Dans le domaine de la lecture, la proportion des jeunes Suisses très performants (8,1 %) est légèrement inférieure à la moyenne des pays de l'OCDE (8,7 %). Dans ces deux derniers domaines, les jeunes de Finlande obtiennent les meilleurs résultats en Europe.

2.2 Population au bénéfice d'une formation du degré tertiaire

Les titulaires d'un diplôme de l'enseignement supérieur (hautes écoles ou formation professionnelle supérieure) constituent un réservoir de travailleurs hautement qualifiés, essentiel à la production et la diffusion de savoirs dans une économie fondée sur la connaissance.

En Suisse, la proportion des personnes ayant achevé des études supérieures parmi les 25–34 ans a beaucoup augmenté depuis les

années 2000. En revanche, la proportion des 25–34 ans bénéficiant uniquement d'un diplôme du degré secondaire II a diminué (graphique B 2.2). En 2015, ces deux courbes se croisent pour la première fois. En 2017, la part de la population résidente âgée de 25–34 ans ayant achevé une formation de degré tertiaire a franchi pour la première fois la barre des 50 % en Suisse et atteint 51,2 % l'année suivante.

En comparaison internationale, la Suisse se place à la troisième place derrière la Corée du Sud (69,6 %) et le Japon (60,4 %) et légèrement devant le Royaume-Uni (50,8 %) (graphique B 2.3). L'Allemagne (32,3 %), l'Italie (27,7 %) et la Chine (17,9 %) se situent nettement en dessous la moyenne des pays membres de l'OCDE (46,9 %).

Diplômées du degré tertiaire en Suisse

En 2018, 53,7 % des femmes âgées de 25 à 34 ans sont au bénéfice d'une formation de degré tertiaire en Suisse, dont 11,4 % d'une formation professionnelle supérieure. Pour les hommes, 48,8 % des hommes de 25 à 34 ans sont au bénéfice d'une formation de degré tertiaire en Suisse, dont 14,1 % d'une formation professionnelle supérieure (graphique B 2.4). En 2005, ces parts totales étaient respectivement de 25 % pour les femmes et de 37,1 % pour les hommes. La part des femmes âgées de 25 à 34 ans au bénéfice d'une formation de degré tertiaire a donc plus que doublé en 13 ans.

Nouveaux étudiants dans les branches MINT¹

Bien que les innovations bénéficient d'avancées réalisées dans l'ensemble des champs scientifiques,² les innovations techniques se fondent en grande partie sur des avancées réalisées en sciences exactes et naturelles ainsi qu'en sciences de l'ingénieur et techniques. Il convient donc de mesurer l'attractivité des domaines d'études MINT chez les nouveaux entrants du niveau bachelor.

En 2017, 26,4 % des nouveaux entrants du niveau bachelor ou équivalent se sont immatriculés dans les branches MINT en Suisse (graphique B 2.5). En comparaison internationale, la Suisse arrive en huitième position, loin derrière l'Allemagne (40,2 %), la Corée du Sud (34,3 %) et l'Autriche (33,6 %).

Toutefois, il faut noter que les chiffres de l'OCDE prennent en considération la formation professionnelle supérieure. En ne tenant compte que des entrées du niveau bachelor au sein des hautes écoles universitaires (HEU) et spécialisées (HES), 13 471 nouveaux étudiants se sont immatriculés dans les branches MINT à la rentrée 2018, soit 35 % du total des nouveaux étudiants (graphique B 2.6).

¹ Mathématiques, informatique, sciences naturelles et techniques

² Voir partie C étude 6 pour l'apport des sciences sociales et humaines à l'innovation

Au regard des branches, la plus forte progression est observée dans la branche informatique où les nouvelles immatriculations sont passées de 1392 en 2009 à 2517 en 2018, dont 70 % dans les HES. Depuis la rentrée 2017, on dénombre en Suisse plus de nouvelles immatriculations dans le domaine informatique que dans le domaine de la chimie et des sciences de la vie ainsi que dans le domaine de la construction (OFS, 2019b).

Au total, le nombre d'immatriculations dans les branches MINT est en constante augmentation dans les haute écoles spécialisées et universitaires. Cette évolution est surtout le fait des femmes : depuis 2009, le nombre d'entrées chez les femmes est passé de 2921 à 4290, soit une progression de 47 %. Pour les hommes, cette progression est de 21 % (7614 à 9181 nouvelles immatriculations) (graphique B 2.6).

À la rentrée 2018, les femmes sont très représentées dans le domaine de la chimie et des sciences de la vie (plus de 60 % du total des nouvelles entrées dans les HEU et 43 % dans les HES). A contrario, elles restent sous représentées dans le domaine de l'informatique (moins de 15 % du total des nouvelles entrées en HEU et moins de 16 % en HES) (OFS, 2019b).

Doctorats

En plus des bachelors et des masters, l'éducation de niveau tertiaire délivre également des doctorats. Ces formations sont particulièrement importantes pour le développement d'innovations fondées sur la science, car elles permettent l'approfondissement des compétences en matière de recherche fondamentale et appliquée. Avec 2,4 % de la population des 25–34 ans ayant obtenu un doctorat, la Suisse arrive en 2017 en tête des pays de référence. Elle est suivie par les États-Unis (1,7 %) et le Royaume-Uni (1 %) (graphique B 2.3).

En Suisse, 46,9 % des doctorats sont obtenus dans le domaine des sciences naturelles et de l'ingénieur (respectivement 31,9 % et 15 %) (graphique B 2.7). Dans ces domaines, la France et Israël se placent en tête (57 % et 51,1 %). En Suisse, 16,7 % des doctorats sont obtenus dans les sciences sociales et humaines. Sous l'angle de la numérisation, la Finlande compte 7,2 % de diplômés du doctorat en « technologies de l'information et de la communication », Israël 5,9 % et la France 5,4 %. En Suisse, cette part est de 3,4 %.

2.3 Internationalisation du degré tertiaire

Pour les petits et moyens pays dont l'économie est très orientée vers le savoir, la capacité à attirer les meilleurs talents internationaux est primordiale pour le développement des activités de recherche et d'innovation.

Attrait des talents internationaux

L'OCDE a publié pour la première fois en 2019 un index permettant de mesurer l'attractivité des pays pour les futurs étudiants internationaux ainsi que les travailleurs étrangers déjà hautement qualifiés (OCDE, 2019c).

La Suisse, la Norvège et l'Allemagne ressortent comme les pays les plus attractifs pour les futurs étudiants internationaux. La Suisse est notamment très attractive en raison des frais d'études peu élevés imposés aux étrangers, de la présence d'une bonne cohésion sociale (comportant une attitude plutôt positive envers l'immigration), d'une qualité de vie élevée ainsi que de futurs potentiels hauts revenus et des taux d'imposition favorables.

Pour les travailleurs internationaux déjà formés et hautement qualifiés, la Suède, la Suisse et les États-Unis se placent en tête. En plus des points soulignés par les étudiants internationaux, la Suisse se révèle attractive pour les travailleurs étrangers hautement qualifiés grâce aux bonnes conditions offertes aux familles (incluant les dépenses publiques consacrées aux prestations familiales et le droit du conjoint à rejoindre le partenaire et à travailler). De plus, la qualité de l'accès élevé à Internet, la relative bonne maîtrise de l'anglais, la forte intensité des dépenses de R-D et des dépôts de brevets joue également un rôle. Toutefois, ces travailleurs étrangers hautement qualifiés indiquent dans cette enquête que les conditions pour changer de statuts (temporaire à permanent) ainsi que les conditions pour acquérir la nationalité du pays font de la Suisse un pays non attractif.

Avec 17,8 % des étudiants du degré tertiaire provenant de l'étranger,³ la Suisse, aux côtés du Royaume-Uni (17,9 %) et de l'Autriche (17,2 %), compte parmi les pays les plus attractifs pour les étudiants étrangers (graphique B 2.8).⁴ Ce taux est en revanche très bas en Israël (2,9 %), en Corée du Sud (2,3 %) et en Chine (0,4 %).

En ce qui concerne les étudiants du doctorat en Suisse, plus de la moitié d'entre eux (55,3 %) proviennent de l'étranger (graphique B 2.8). Aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et en France, ce taux oscille autour des 40 %. La Corée du Sud (9,8 %), l'Allemagne (9,7 %) et Israël (7 %) présentent les taux les plus bas.

Comparé aux taux observés en 2005, on constate une nette tendance à l'internationalisation du degré tertiaire dans l'ensemble de pays de référence, notamment au niveau des études doctorales.

³ Un étudiant est considéré comme étranger (ou migrant) s'il était domicilié et scolarisé à l'étranger avant de commencer ses études de niveau tertiaire en Suisse.

⁴ 9,6 % des étudiants du degré bachelor et 29,5 % des étudiants du degré master sont des étudiants internationaux en Suisse (OCDE, 2019b).

Diplômés des hautes écoles suisses issus de la migration

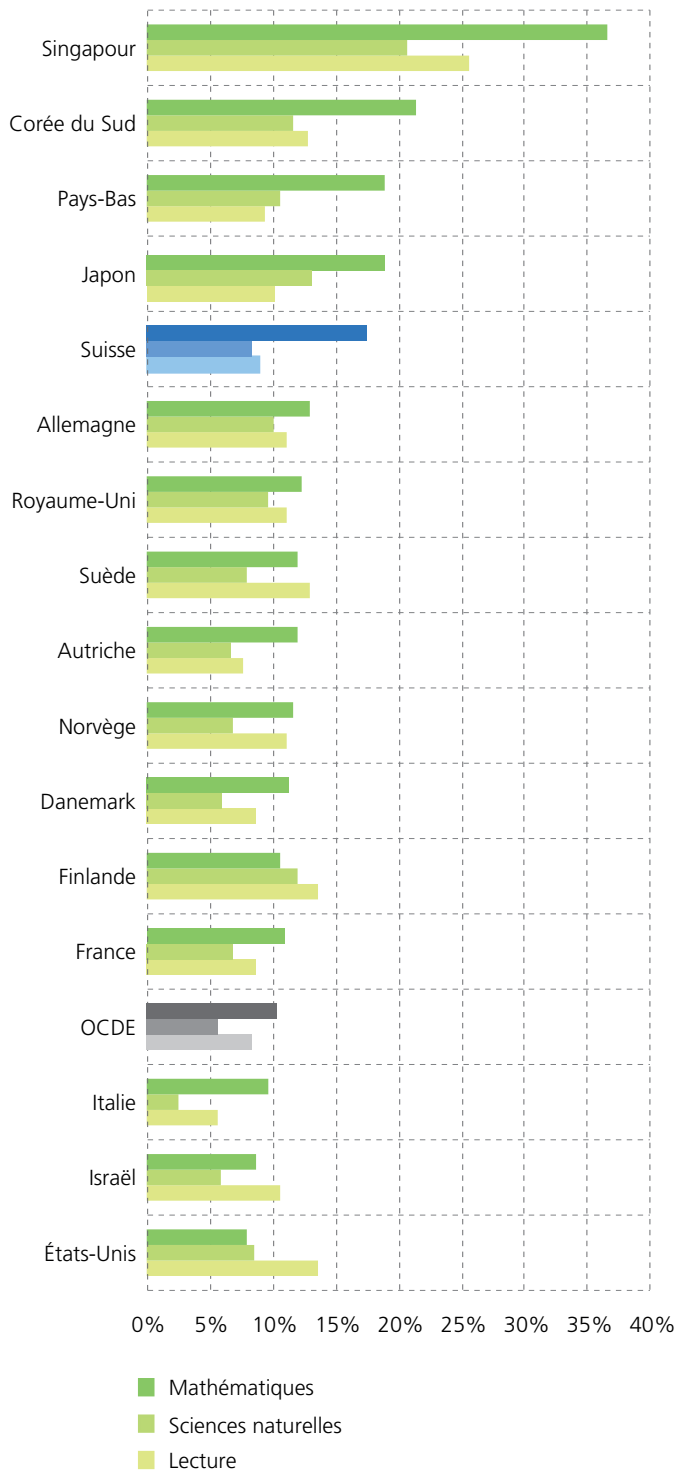
La mobilité est centrale pour la formation supérieure en Suisse. Les ressortissants des pays européens jouent un rôle particulier parmi ces diplômés étrangers: la dernière enquête de l'OFS de 2017 indique que 71,3 % des étudiants internationaux ayant obtenu un master en Suisse en 2014 et 78,2 % de ceux ayant obtenu un doctorat étaient des citoyens issus de l'Union européenne (tableau B 2.9) (OFS, 2017).

Pour ce qui est des domaines d'études, cette même enquête indique que 31,8 % des étudiants étrangers avaient obtenu un master en sciences exactes et naturelles et 22,8 % en sciences techniques. Pour les doctorats obtenus par des étudiants étrangers, 45 % des diplômes avaient été décernés dans les sciences exactes et naturelles et 28,7 % dans les sciences techniques (tableau B 2.9).

Les diplômés étrangers qui obtiennent un titre d'une haute école universitaire suisse ne restent pas tous en Suisse. En 2015, 34,8 % des diplômés migrants ayant décroché en 2014 un master d'une haute école universitaire avaient quitté le pays. Pour ce qui est des doctorats, 33 % des diplômés scolarisés à l'étranger ayant obtenu en 2014 un doctorat en Suisse avaient émigré un an après avoir été promus (tableau B 2.9).

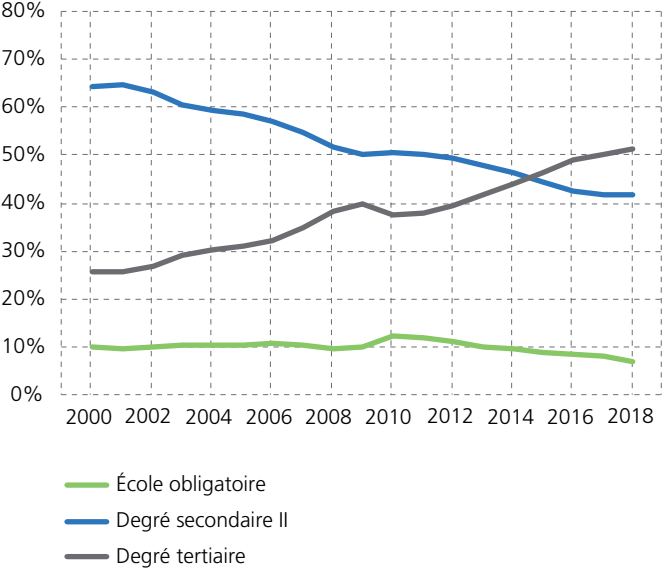
Une mise en relation des éléments Domaines d'études et Taux d'émigration après obtention du diplôme permet de souligner l'importance des doctorants en sciences exactes, naturelles et en sciences techniques issus de la migration pour la recherche suisse. En effet, en 2014, près de trois quart de l'ensemble des doctorants étrangers ont obtenu leur doctorat dans ces deux domaines et – en moyenne – seuls trois de ces promus sur dix avaient quitté le pays une année après leur promotion (tableau B 2.9).

Graphique B 2.1 : Part des jeunes très performants en mathématiques, sciences naturelles et lecture, 2018



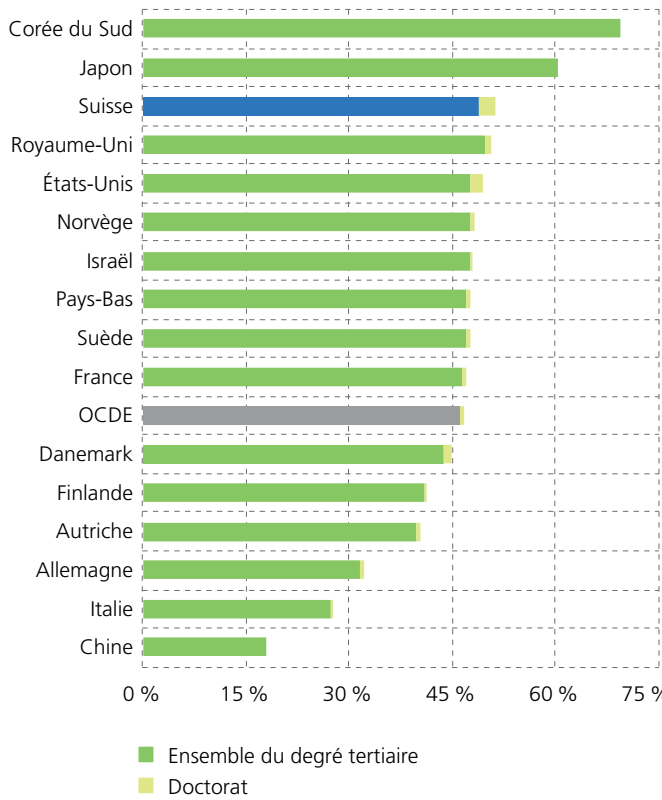
Jeunes de 15 ans ayant obtenu un score de 5 ou 6 dans l'évaluation PISA dans la matière considérée.
Données non disponibles : Chine
Source : OCDE

Graphique B 2.2 : Formation achevée la plus élevée de la population âgée de 25 à 34 ans en Suisse, 1999–2018



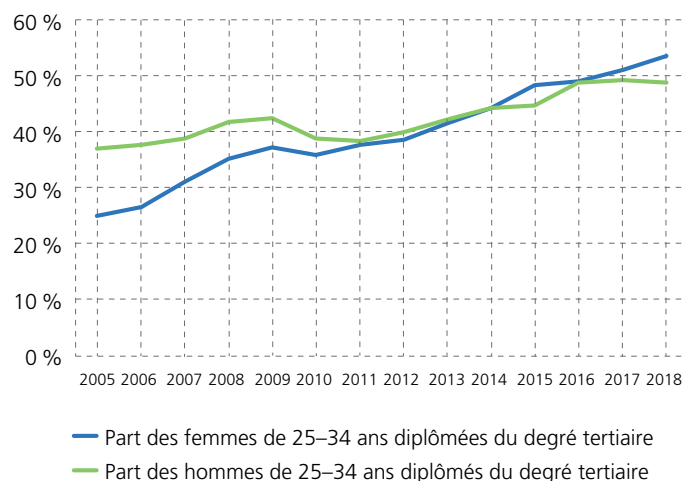
Source : OFS

Graphique B 2.3 : Part des 25–34 ans au bénéfice d'une formation de degré tertiaire, 2018



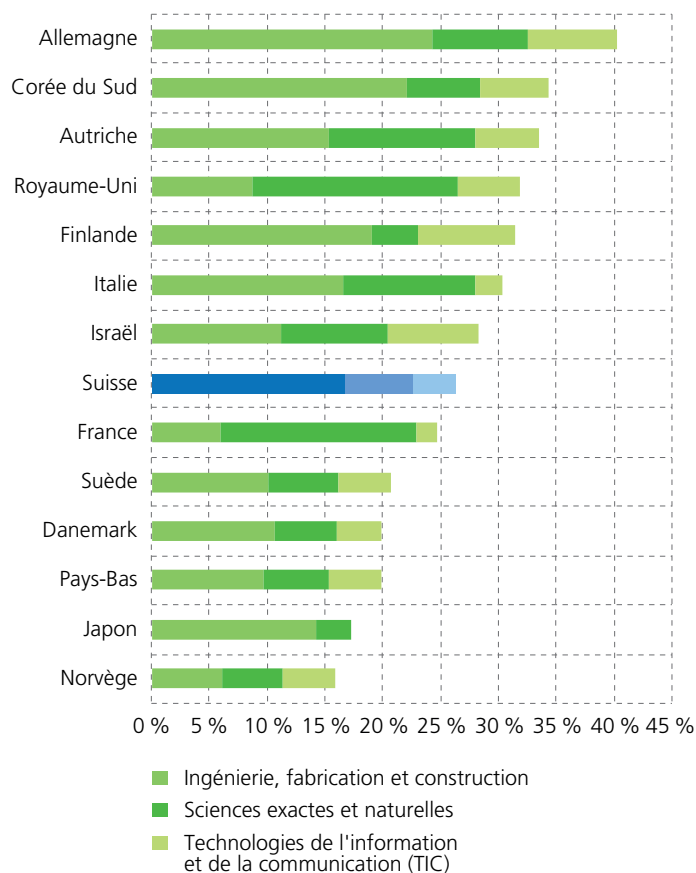
Ensemble du degré tertiaire : bachelor, master, programme tertiaire de cycle court
Données non disponibles pour les doctorats : Chine, Corée du Sud, Japon
Données non disponibles : Singapour
Exceptions à l'année de référence : Chine (2017), Japon (2017)
Source : OCDE

Graphique B 2.4 : Évolution du niveau de formation des 25–34 ans selon le sexe, 2005–2018



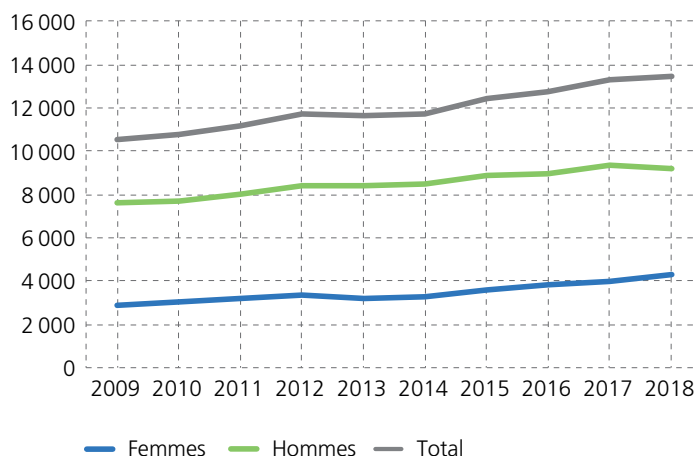
Source : OFS

Graphique B 2.5 : Part des nouveaux étudiants MINT du niveau bachelor ou équivalent en pourcentage du total des nouveaux entrants, 2017



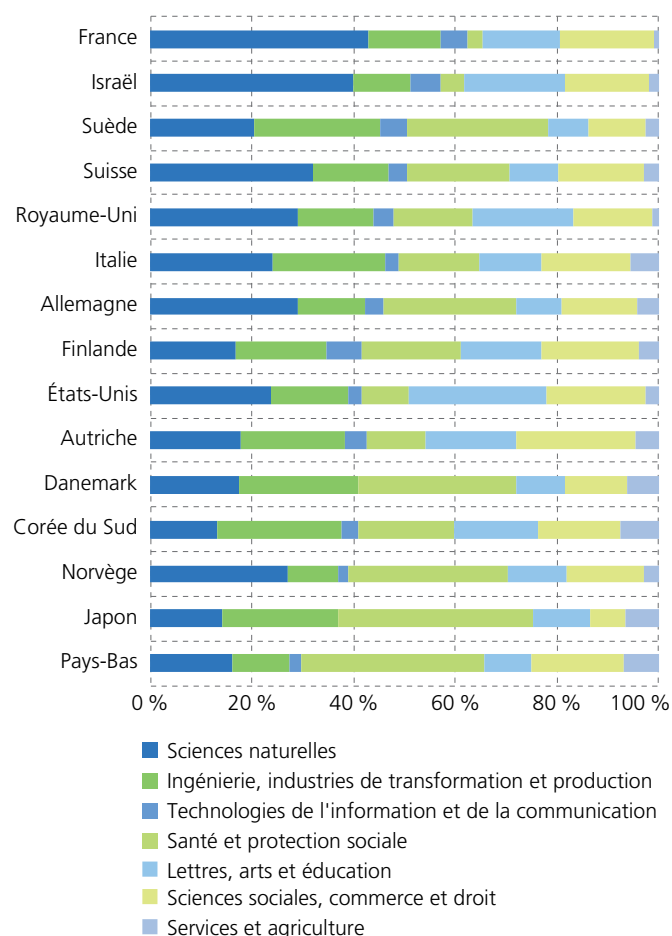
MINT : sciences mathématiques, informatiques, naturelles et techniques
Les données TIC pour le Japon sont intégrées dans les autres catégories.
Données non disponibles : Chine, États-Unis, Singapour
Source : OCDE

Graphique B 2.6 : Nouveaux étudiants MINT du degré bachelor dans les hautes écoles suisses, 2009–2018



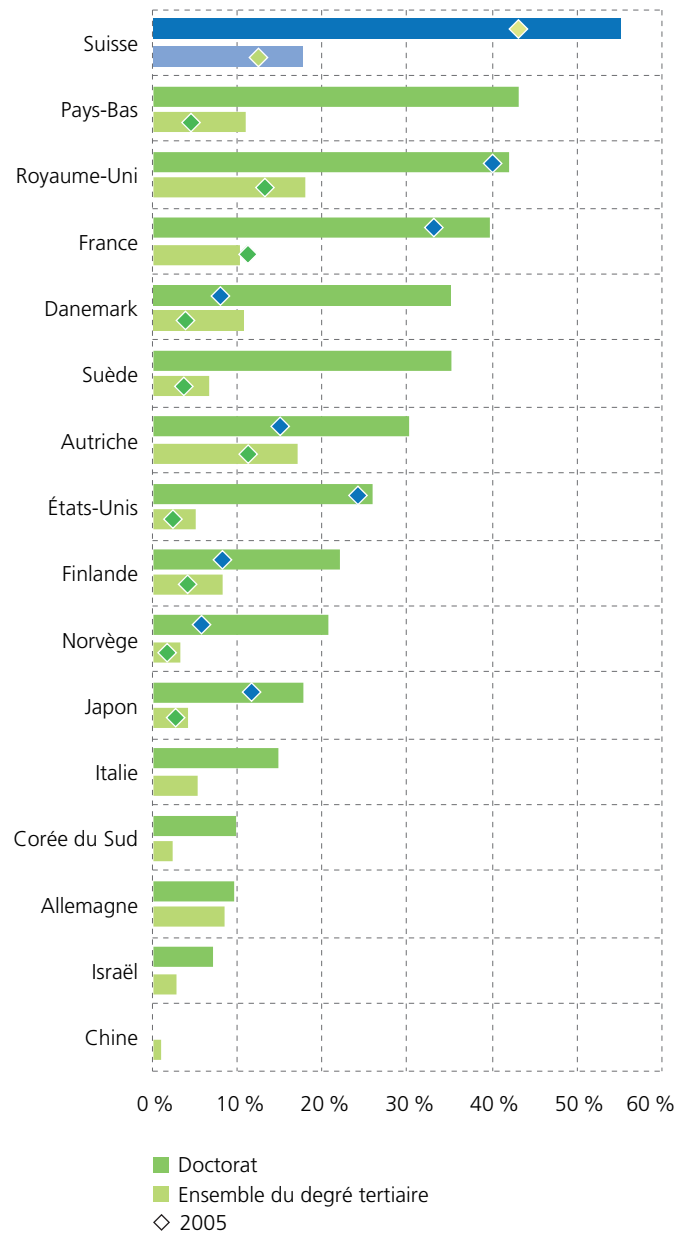
Par nouvel étudiant on entend toute personne qui s'inscrit pour la première fois à un semestre d'hiver/d'automne dans une haute école universitaire ou une haute école spécialisée suisse.
Source : OFS

Graphique B 2.7 : Diplômes de doctorat selon le domaine d'étude, 2017



Les données TIC pour le Japon et le Danemark sont intégrées dans les autres catégories.
Données non disponibles : Chine, Singapour
Source : OCDE

Graphique B 2.8 : Part des étudiants étrangers dans l'ensemble des étudiants du degré tertiaire, 2017



Données non disponibles : Singapour
Données 2005 non disponibles : Allemagne, Chine, Corée du Sud, Israël, Italie, Pays-Bas (doctorats), Suède (doctorats)
Source : OCDE

Tableau B 2.9 : Diplômés des hautes écoles suisses issus de la migration, 2014

%	Master HEU	Doctorat HEU
Nationalité au moment de l'acquisition du certificat d'accès aux études supérieures		
Européenne	71,3	78,2
Répartition selon le domaine d'études		
Sciences humaines	6,7	2,8
Sciences sociales et de l'éducation	13,0	3,7
Droit	9,7	1,0
Sciences économiques	11,7	2,8
Sciences exactes et naturelles	31,8	45,0
Santé	4,2	16,0
Sciences techniques	22,8	28,7
Taux d'émigration après l'obtention du diplôme (2015)		
Total	34,8	33,0
Sciences humaines	21,7	48,3
Sciences sociales et de l'éducation	40,7	47,5
Droit	25,5	m
Sciences économiques	46,0	48,3
Sciences exactes et naturelles	33,2	33,7
Santé	37,2	20,2
Sciences techniques	32,6	27,6
Proportion résidant à l'étranger et travaillant en Suisse (2015)		
Total	21,9	9,5

m : moins de 25 cas
Source : OFS

3 Personnel actif dans le domaine de la recherche et de l'innovation

Du personnel bien formé et en nombre suffisant constitue le fondement d'une recherche de qualité et la base pour permettre la transformation des savoirs en produits et services innovants.

3.1 Personnes actives en science et technologie

Par personnes actives en science et technologie, on entend les personnes qui travaillent à la création, à la diffusion et à l'application des connaissances scientifiques et technologiques. Plus spécifiquement, il s'agit des professions intellectuelles et scientifiques (groupe 2 de la Classification internationale des types des professions) et des professions intermédiaires (groupe 3).

En Suisse, 42 % de la population active travaille dans le domaine de la science et de la technologie (graphique B 3.1). La Suisse partage ici le deuxième rang avec la Norvège, juste derrière la Suède (43 %). Pour le Danemark, la Finlande, les Pays-Bas et l'Allemagne, cette part oscille entre 41 % et 39 %. Seule l'Italie figure en-dessous de la moyenne européenne (UE-15).

Par rapport à 2007, les croissances les plus marquées de ce taux s'observent au Royaume-Uni et en Finlande. Pour cette même période, le taux de croissance observé en Suisse figure parmi les plus faibles.

3.2 Personnel de recherche et développement

Par personnel de recherche et développement (R-D), on entend les chercheurs (spécialistes travaillant à la conception et à la création de connaissances, de produits, de procédés, de méthodes et de systèmes nouveaux ainsi qu'à la gestion de projets), les techniciens (exécutants des tâches scientifiques et techniques) ainsi que le personnel de soutien.

La part du personnel de R-D dans l'emploi total, mesurée en équivalents plein temps, se situe autour des 2 % au Danemark et en Finlande (graphique B 3.2). Avec une part de 1,6 %, la Suisse se situe en milieu de classement. La Suède, la Corée du Sud, l'Autriche et la Norvège présentent des valeurs comprises entre 1,7 % et 1,9 %.

Si l'on se concentre uniquement sur les chercheurs, la Suisse figure en queue de peloton avec une part de chercheurs dans l'emploi total de 0,9 %. Ce taux oscille entre 1,4 % et 1,5 % en Corée du Sud, en Finlande, en Suède et au Danemark. Cette part plus basse pour la Suisse est notamment due à la relative faible part des chercheurs dans les entreprises privées (graphique B 3.3).¹

Personnel de R-D étranger

En Suisse, l'augmentation de 2007 à 2017 de la part du personnel de R-D dans l'emploi total est en grande partie due à l'augmentation du personnel de R-D étranger. De 2000 à 2017, cette progression s'élève à 147 % pour le secteur des hautes écoles (de 12 000 à 29 400 employés de R-D étrangers) et à 73 % pour les entreprises privées (de 13 000 à 23 000) (OFS, 2019a). En 2017, le personnel étranger représente 43 % du personnel de R-D des hautes écoles (28 % en 2000) et 42 % du personnel de R-D des entreprises privées (32 % en 2000) (graphique B 3.4). En 2017, plus de la moitié des chercheurs du domaine des hautes écoles (52 %) et du secteur des entreprises privées (51 %) sont étrangers (OFS, 2019b).

3.3 Les femmes dans la recherche

En 2017, la part des femmes dans les équipes de recherche en Suisse est de 35 % (graphique B 3.5). En comparaison internationale, ce taux est relativement élevé. Le Royaume-Uni occupe le premier rang avec près de 40 % de chercheuses. Sur les dix dernières années, c'est en Suisse et en Corée du Sud que cette part a le plus progressé (5 points de pourcentage).

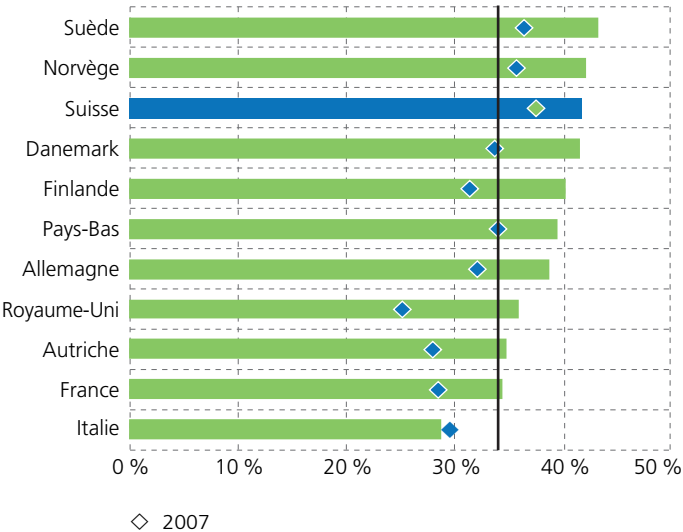
Le « tuyau percé »

Afin de bénéficier pleinement du potentiel féminin, le phénomène du « tuyau percé » doit être stoppé (graphique B 3.6) : alors que les femmes représentent la majorité des étudiants du niveau bachelier, le diplôme de master marque un tournant pour celles-ci. Au cours de leur progression dans la carrière académique, la part des femmes diminue continuellement pour n'atteindre au final que 23 % du total des professeurs et des chercheurs seniors (grade A). Une progression est tout de même observée ces dernières années. En 2013, la part des femmes dans les postes de grade A s'élevait à 17 % (OFS, 2019c).

En comparaison des pays européens, c'est en sciences médicales et de la santé ainsi qu'en sciences naturelles que les chercheuses seniors et les professeurs nommées sont les moins représentées en Suisse (graphique B 3.7). Tout comme en Europe, elles sont le plus sous-représentées dans le domaine de l'ingénierie et technologie.

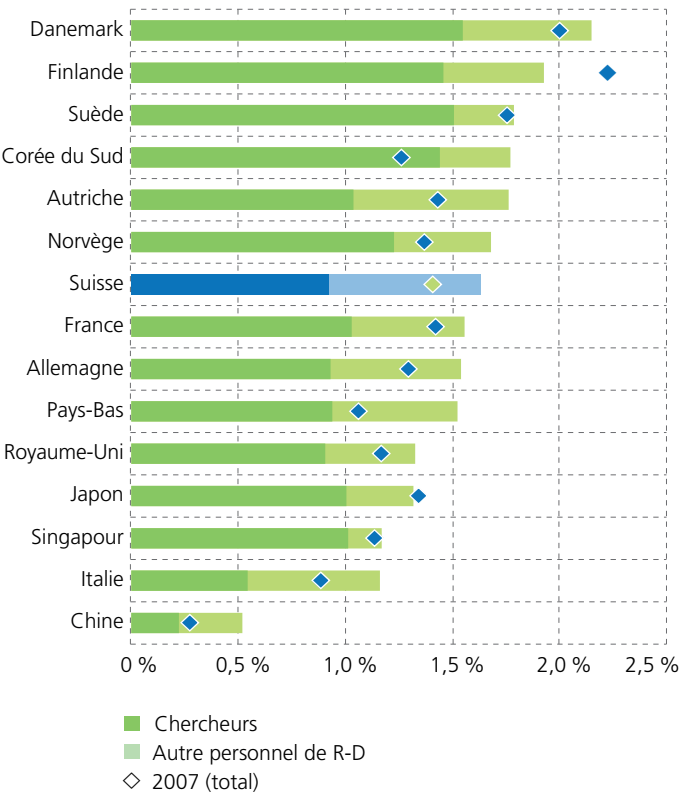
¹ Il faut relever que la Chine, bien que relativement en dernière position, compte en nombre absolu 1,74 million de chercheurs dont 1 million dans le secteur privé. L'UE des 15 comptabilise au total 1,71 million de chercheurs. En Suisse, on dénombre 46 090 chercheurs dont 22 910 dans le secteur privé (OCDE, 2019d).

Graphique B 3.1 : Part de la population active en science et technologie, 2017



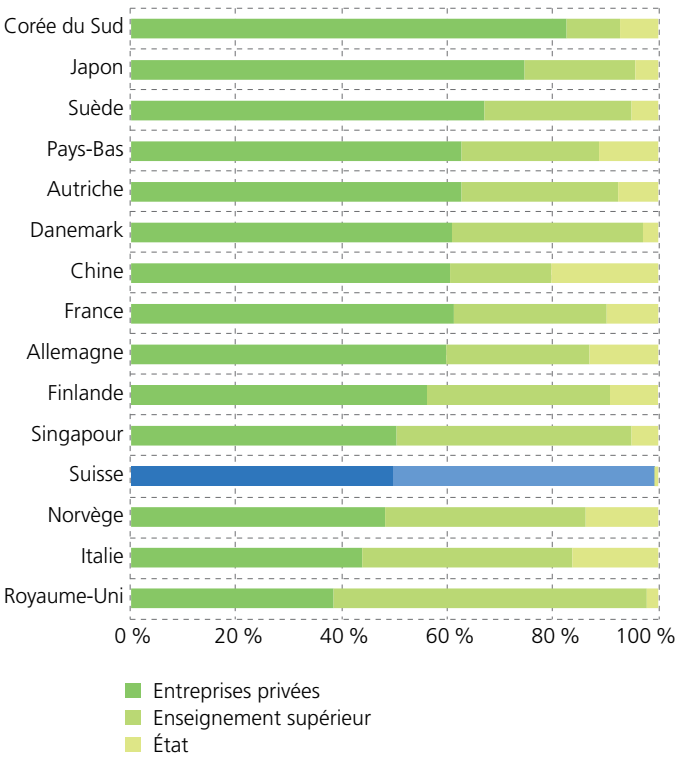
Population de 15 à 74 ans
Ø UE-15 : 34%
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Singapour
Source : Eurostat

Graphique B 3.2 : Part du personnel de R-D dans l'emploi total, 2017



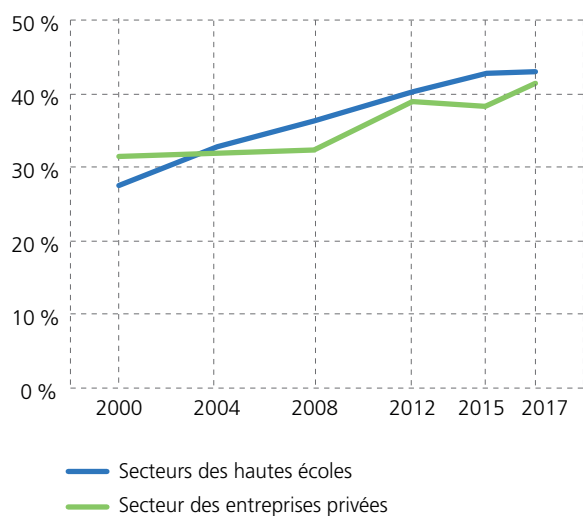
Exceptions à l'année de référence 2017 : Autriche (2016), Singapour (2014)
Données non disponibles : États-Unis, Israël
Source : OCDE

Graphique B 3.3 : Chercheurs selon le secteur d'activité, 2017



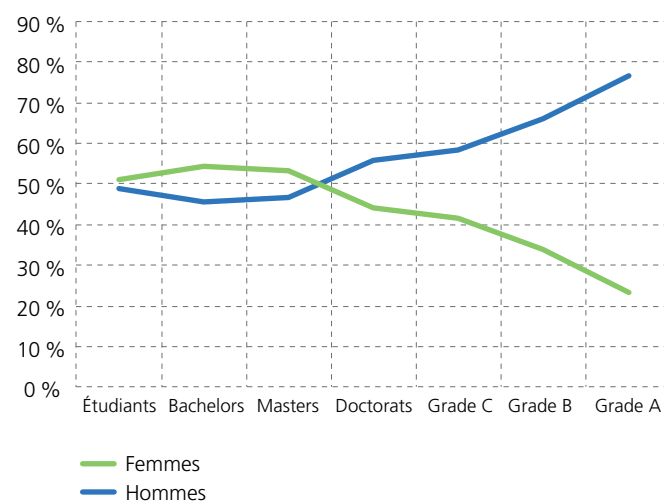
Données non disponibles : États-Unis, Israël
Exception à l'année de référence 2017 : Singapour (2014)
Source : OFS, OCDE

Graphique B 3.4 : Évolution de la part des étrangers dans le personnel de R-D en Suisse, 2000–2017



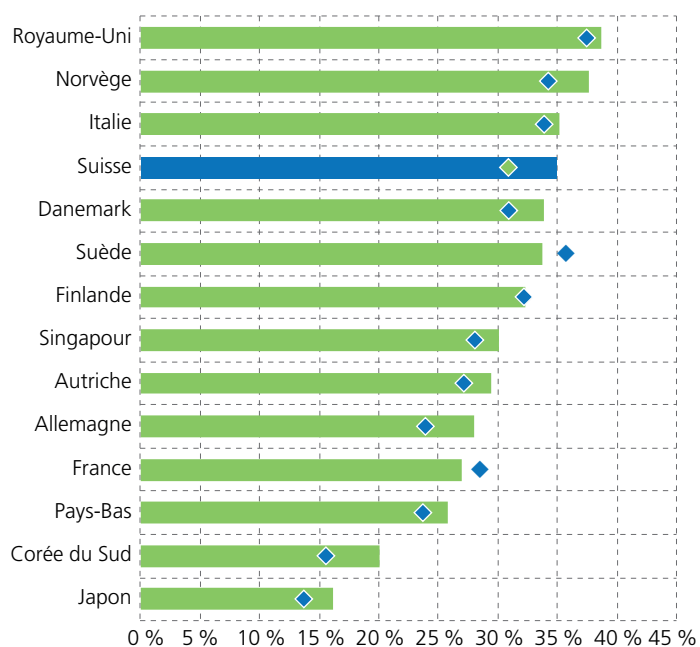
Source : OFS

Graphique B 3.6 : Part des femmes dans la carrière académique en Suisse, 2016



Grade A : professeurs ou chercheuses seniors
Grade B : corps intermédiaire supérieur ou autres enseignantes
Grade C : corps intermédiaire inférieur ou collaboratrices scientifiques
Source : OFS

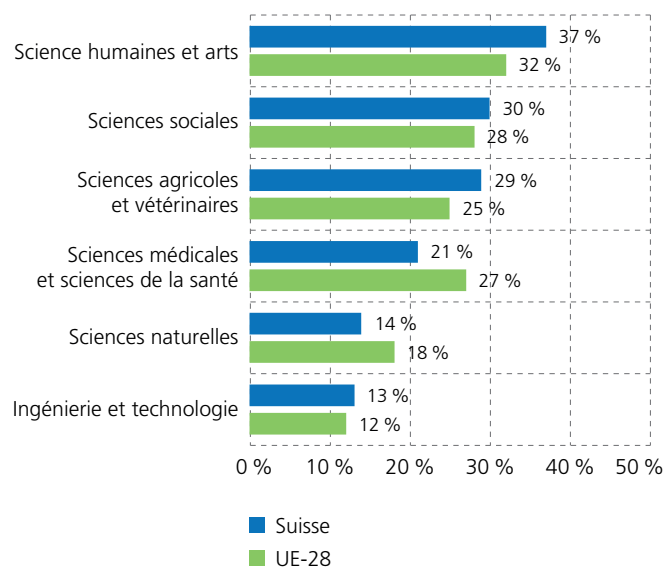
Graphique B 3.5 : Part des femmes dans l'ensemble des chercheurs, 2015–2016



◇ 2007

Données non disponibles : Chine, États-Unis, Israël
Exception à l'année de référence 2007 : Suisse (2008)
Exceptions aux années de référence 2015–2016 : Corée du Sud (2017), Japon (2017), Suisse (2017)
Source : OCDE

Graphique B 3.7 : Part des chercheuses du grade A dans l'ensemble du personnel de recherche académique, par domaines de recherche, Suisse et Europe, 2016



Source : OFS

4 Financement et dépenses de recherche et développement

Les indicateurs du financement de la R-D mettent à jour l'origine des fonds financiers qui soutiennent les activités de R-D menées en Suisse.¹ Les indicateurs concernant les dépenses de R-D détaillent, eux, quels acteurs exécutent les activités de R-D. Ensemble, ils permettent de mettre en évidence l'effort de recherche des pays.

4.1 Financement de la R-D

Le financement des dépenses de R-D réalisées en Suisse (intra-muros) est ventilé par secteur. De cette façon, il est possible de présenter précisément l'origine des fonds permettant l'exécution des activités de R-D.

Financement de la R-D par le secteur privé

Mis à part la Norvège et Israël, le secteur privé est la principale source de financement de la R-D au sein des pays de référence. En Suisse, en 2017, la part du secteur privé dans le financement total des dépenses intérieures brutes de R-D (DIRD) atteint 67 % du total, soit 15,1 milliards de francs (graphique B 4.1). Ce taux dépasse même les 75 % au Japon, en Chine et en Corée du Sud.

Financement de la R-D par l'État

Dans la majorité des pays de référence, la part de l'État dans le financement de la DIRD est inférieure à 50 %. L'État reste cependant la deuxième source de financement, bien avant les autres sources intérieures et l'étranger (sauf en Israël où l'étranger finance 50 % de la DIRD et en Norvège où la part de l'État est de 45,6 %). En Suisse, en 2017, l'État (cantons et Confédération) finance 26 % de la DIRD.

Pour apprécier l'implication de l'État dans le financement des activités de R-D, le financement des dépenses intérieures brutes de R-D par l'État peut également être exprimé en pourcentage du produit intérieur brut (PIB). En 2017, ce taux est relativement élevé en Corée du Sud, en Suède et en Autriche. La Suisse aussi, avec une valeur de 0,87 %, fait partie des pays dont le financement de la DIRD par le secteur État exprimé en pourcentage du PIB dépasse les 0,8 % (graphique B 4.2). La Suisse a connu sur cet indicateur la plus forte progression en dix ans (0,25 point de pourcentage). En contrepartie, ce taux a particulièrement diminué aux États-Unis (0,21 point).

4.2 Dépenses de R-D

Intensité de R-D

Afin de mesurer l'effort relatif qu'accorde un pays dans la création de nouveaux savoirs, il est commun d'utiliser un ratio d'intensité : total des dépenses intra-muros de R-D/PIB.

En Suisse, cette intensité s'élève à 3,4 % (graphique B 4.3), bien au-dessus de la moyenne de l'OCDE (2,4 %). Seuls la Corée du Sud (4,6 %) et Israël (4,5 %) ont des intensités plus élevées. Après la Suisse viennent la Suède (3,3 %), le Japon et l'Autriche (tous deux à 3,2 %). L'Italie ferme la marche (1,4 %).

Depuis 2008, l'intensité de R-D a augmenté de 0,7 point de pourcentage en Suisse et en Chine, de 0,6 point en Autriche et en Norvège. Avec 1,4 point en 10 ans, la Corée du Sud présente la plus forte progression (graphique B 4.4).

Dépenses de R-D selon le secteur

Au regard de l'exécution des activités de recherche et développement, en 2017, avec 15,6 milliards de francs – soit 69 % du total des dépenses de R-D – les entreprises privées sont les principales actrices de la R-D en Suisse. Ce taux dépasse les 85 % en Israël et avoisine les 80 % en Corée du Sud et au Japon (graphique B 4.5). Les universités cantonales et les hautes écoles spécialisées ainsi que les écoles polytechniques fédérales financées par la Confédération jouent également un rôle majeur dans l'exécution de la R-D. En Suisse, leur part au total des dépenses de R-D se monte à 28 %. Dans plusieurs pays comme le Danemark, les Pays-Bas et la Norvège, cette valeur est plus élevée d'environ 5 points de pourcentage. Les pays dont les dépenses de R-D par l'État correspondent à une part importante du total des dépenses de R-D sont la Chine (15 %), la Norvège (14 %) et l'Allemagne (13 %). En Suisse, la part de l'État dans le total des dépenses intérieures brutes de R-D est de 0,8 %.

Il faut noter que dans tous les pays examinés, la part du secteur privé dans l'exécution de la R-D nationale est plus élevée que sa part au financement (de 1 à 15 points de pourcentage sauf pour Israël dont la moitié des financements de la R-D provient de l'étranger). Plus cet écart est grand, plus le soutien de l'État et/ou les investissements étrangers jouent un rôle important dans le financement de la R-D des entreprises. En Suisse, cet écart se monte à une valeur relativement faible de 2 points de pourcentage (69 % des dépenses total de R-D intra-muros contre 67 % du total du financement de la R-D intra-muros).

Évolution des dépenses de R-D en Suisse

En 2017, les dépenses de R-D ont atteint le montant record de 22,5 milliards de francs en Suisse (3,4 % du PIB) (graphique B 4.6). Toutefois, pour la première fois en 20 ans, les dépenses de R-D des entreprises ont légèrement reculé par rapport au dernier relevé. Les hautes écoles enregistrent, elles, une croissance de leurs dépenses de 5,6 % (soit une augmentation des dépenses de 332 millions de francs).

¹ Présentés à la figure A 4.1 de la partie A, ce chapitre détaille la structure du financement et des dépenses de (R-D) au sein des pays de référence.

Cette légère baisse observée entre 2015 et 2017 est surtout le fait des grandes entreprises (100 employés et plus),² dont les dépenses de R-D ont reculé de 13,5 à 13,1 milliards de francs (graphique B 4.7). Ce recul est en partie attribuable à la prudence des entreprises dans le lancement de nouveaux projets de R-D de grande ampleur : malgré une conjoncture favorable, les entreprises ont estimé qu'il était difficile d'anticiper l'évolution économique à cause des événements monétaires et géopolitiques internationaux des dernières années (abandon du taux plancher, Brexit, terrorisme, etc.) (OFS, 2019d).

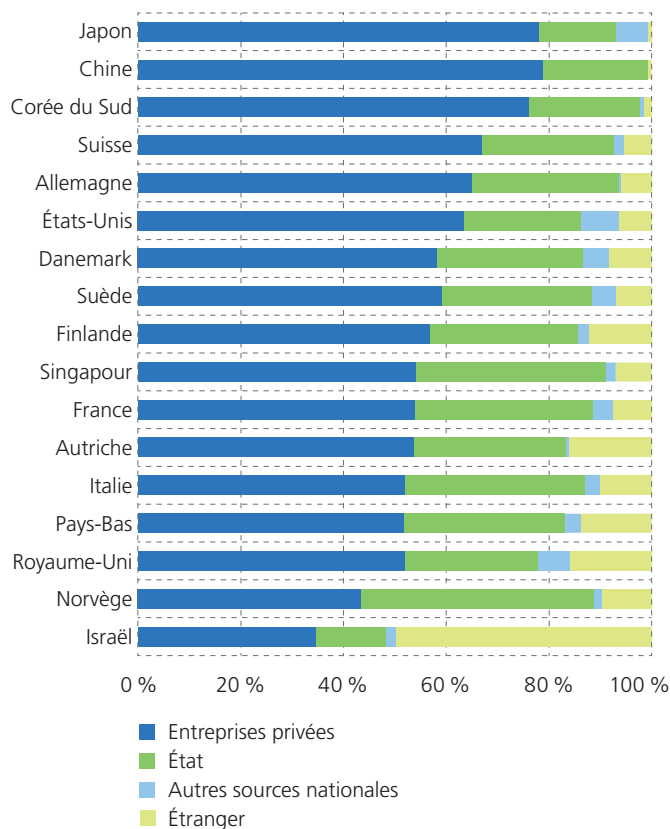
Selon les branches d'activité, ce sont surtout les entreprises de 100 employés et plus des branches Instruments de haute technologie et Recherche et développement qui ont diminué leurs dépenses de R-D entre 2015 et 2017 (graphique B 4.8).

Triplement des dépenses privées de R-D en biotechnologies en 9 ans

L'enquête OFS 2017 sur les activités de R-D des entreprises privées indique une hausse importante et continue des dépenses intra-muros de R-D des entreprises privées dans le domaine de la biotechnologie. Les montants consacrés ont triplé de 2008 à 2017, passant de 1,5 milliard à 4,7 milliards de francs. En 2017, 30 % des dépenses totales de R-D des entreprises privées sont consacrées à la recherche en biotechnologie.

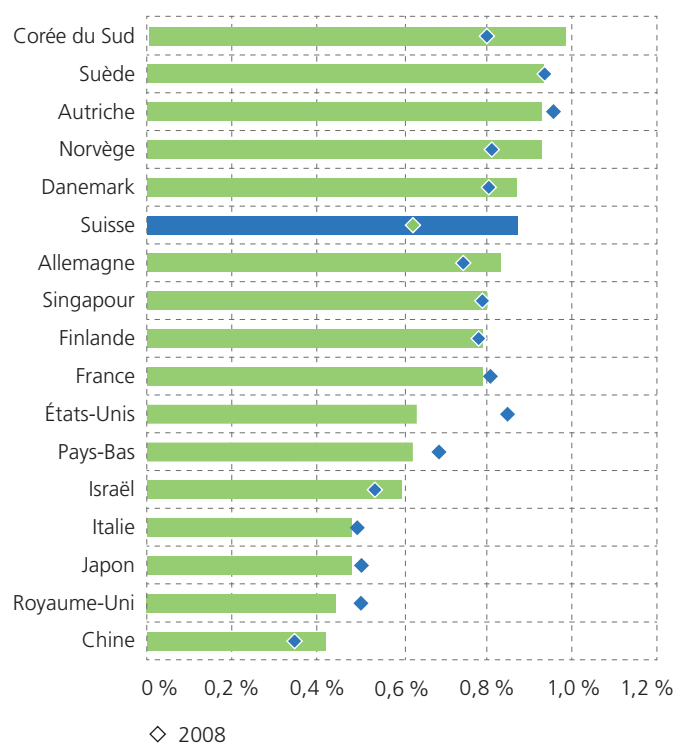
Cette augmentation est principalement le résultat de l'essor dans ce domaine de la branche « Pharmacie » englobant les deux tiers des dépenses de R-D en biotechnologie, soit 3 milliards de francs. À noter également la progression des dépenses pour la biotechnologie de la branche des services TIC avec plus d'un demi-milliard de francs investi en 2017. Cette évolution reflète l'importance de la numérisation dans le domaine de la biotechnologie (recours à l'intelligence artificielle, progrès continus en lien avec le séquençage de l'ADN, etc.) (OFS, 2019d).

Graphique B 4.1 : Financement de la R-D selon le secteur d'activité, 2016–2017

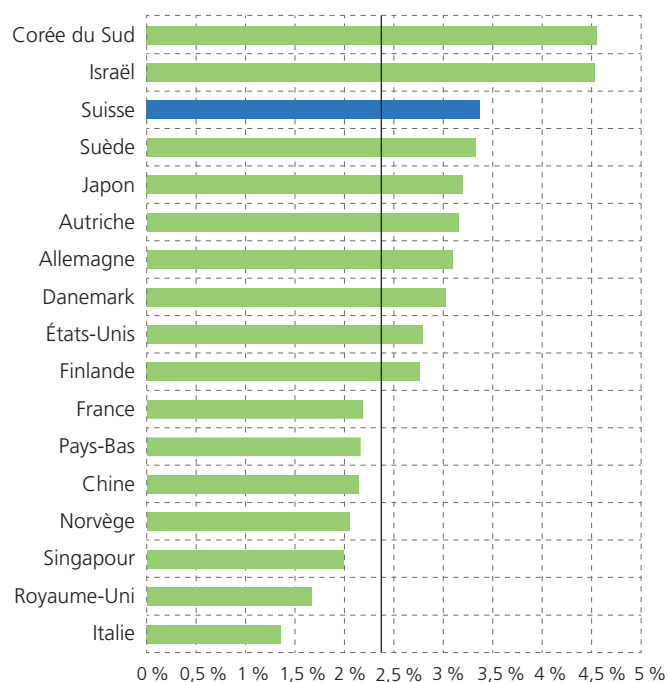


Exceptions aux années de références 2016–2017 : France (2015), Singapour (2014), Suède (2015)
Source : OCDE

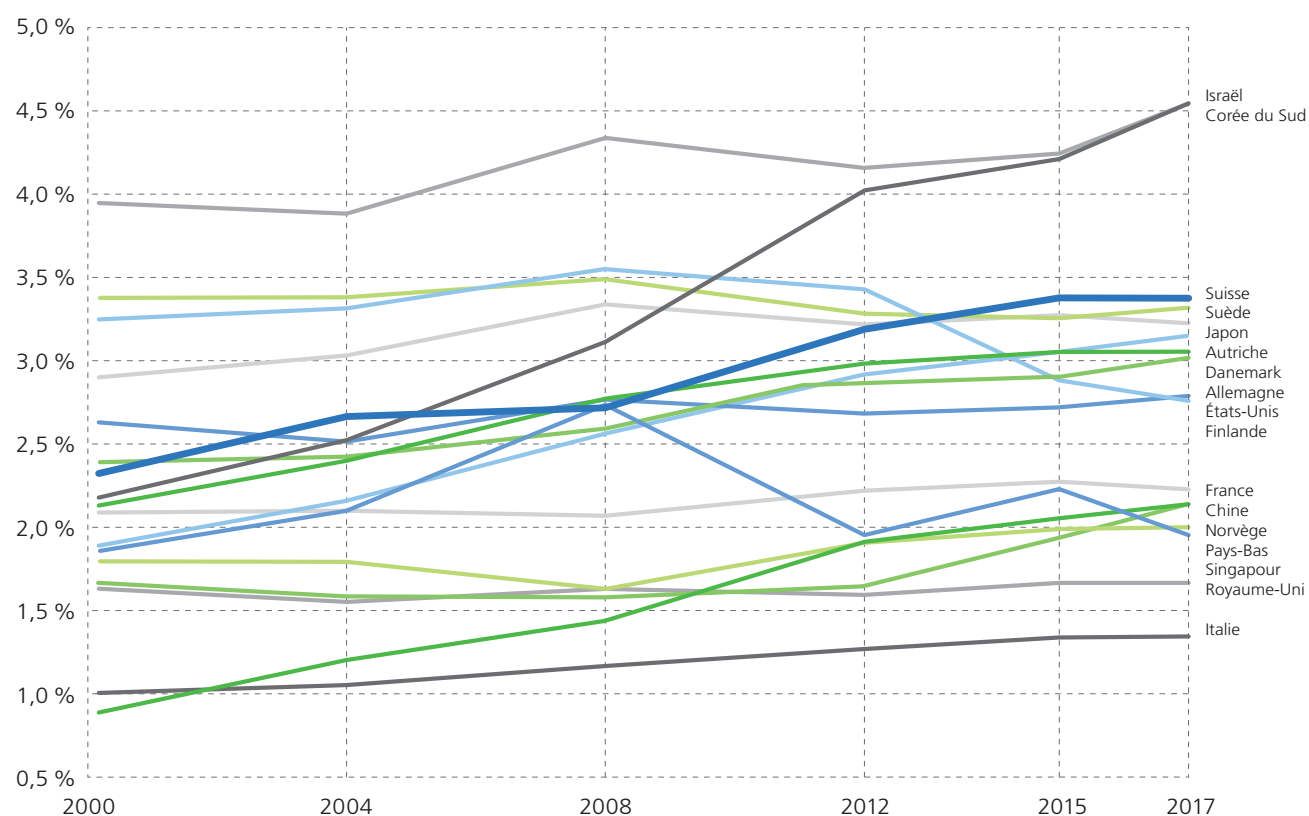
² Dans la statistique internationale, une grande entreprise est composée de 250 employés et plus. La population des entreprises actives en R-D est relativement limitée en Suisse. Afin de pouvoir publier différentes ventilations des résultats tout en garantissant la qualité et la confidentialité des données (nombre minimum d'entreprises par catégorie), l'OFS doit abaisser le seuil pour déterminer les « grandes entreprises » à partir de 100 emplois.

Graphique B 4.2 : Financement de la dépense intra-muros de R-D par l'État en pourcentage du PIB, 2016–2017

Exceptions aux années de référence 2016–2017 : France (2015),
Singapour (2014), Suède (2013)
Source : OCDE

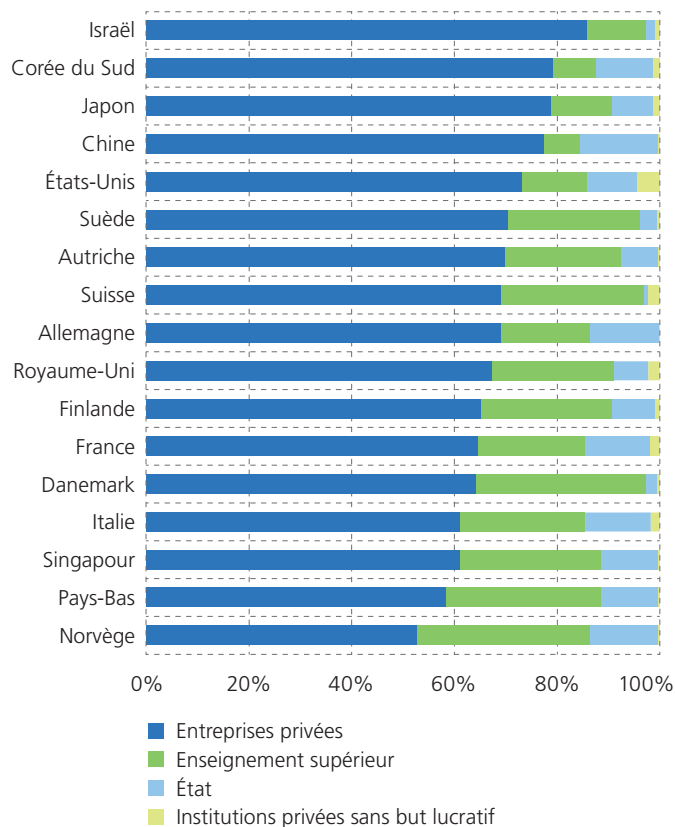
Graphique B 4.3 : Dépenses de R-D en pourcentage du PIB, 2017

Ø OCDE : 2,4 %
Exceptions à l'année de référence 2017 : Singapour (2014), pays membres
de l'UE (2018)
Source : OCDE

Graphique B 4.4 : Évolution des dépenses de R-D en pourcentage du PIB, 2000–2017

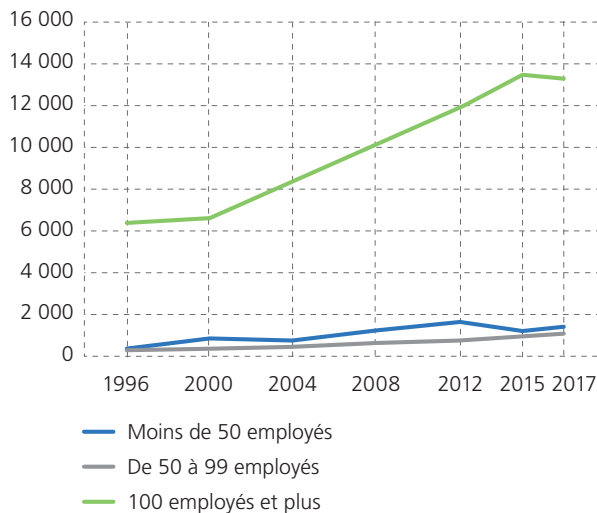
Source : OCDE

Graphique B 4.5 : Dépenses de R-D selon le secteur d'exécution, 2017



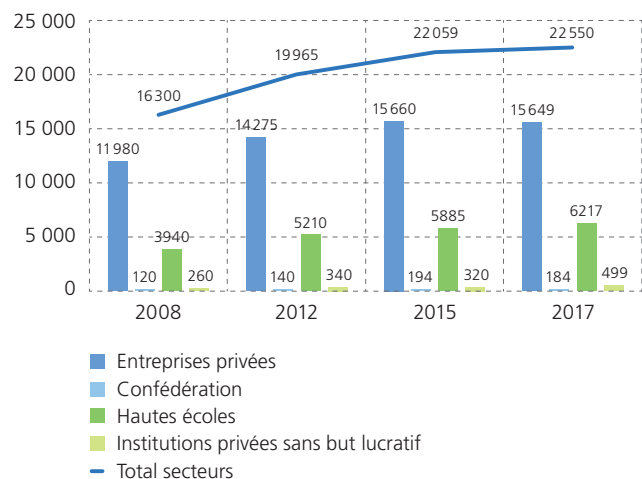
Exception à l'année de référence 2017 : Singapour (2014)
Source : OCDE

Graphique B 4.7 : Dépenses de R-D des entreprises suisses selon la taille, en millions de francs suisses à prix courants, 1996-2017



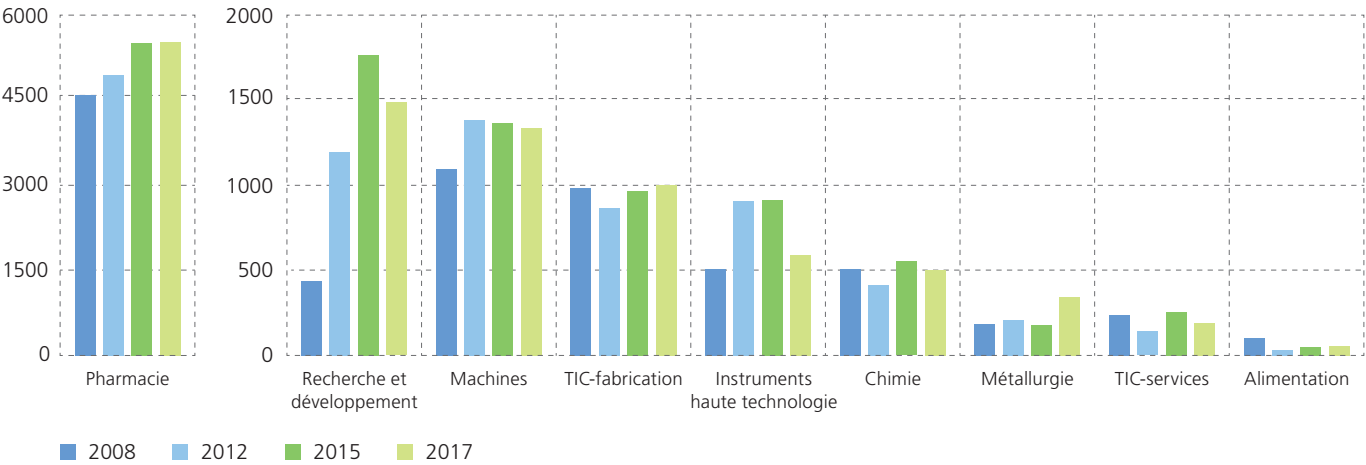
Les prix courants ne sont pas ajustés à l'inflation / déflation.
Source : OFS

Graphique B 4.6 : Dépenses intra-muros de R-D en Suisse selon le secteur d'activité, en millions de francs suisses à prix courants, 2008-2017



Source : OFS

Graphique B 4.8 : Évolution des dépenses intra-muros de R-D des entreprises de 100 employés et plus selon la branche d'activité, en millions de francs suisses à prix courants, 2008–2017



Les prix courants ne sont pas ajustés à l'inflation / déflation.
TIC : Technologies de l'information et de la communication
Source : OFS

5 Participation aux programmes-cadres de recherche de l'UE

La participation à des organisations et programmes de recherche internationaux permet aux institutions, aux entreprises et aux chercheurs de collaborer avec des partenaires étrangers, d'échanger des savoirs et d'utiliser des infrastructures mises en commun.

Le présent chapitre porte sur les programmes-cadres plurianuels de recherche et d'innovation de l'Union européenne (programmes-cadres de recherche, PCR). Après le Fonds national suisse de la recherche scientifique, les PCR constituent la deuxième source de financement public pour la recherche et l'innovation en Suisse.

5.1 Participations suisses aux PCR¹

Initiés dans les années 1980, les PCR sont les principaux instruments de l'UE pour la mise en œuvre de la politique communautaire dans les domaines des sciences et des technologies. La Suisse participe à ces PCR depuis 1987 sous plusieurs formes.

Évolution des participations suisses

L'évolution du nombre de nouvelles participations suisses à des projets européens de recherche a suivi l'accroissement constant des budgets PCR de 1992 à 2013. Le 3^e PCR (1990–1994) comptabilisait 501 participations suisses. Sous l'actuel 8^e PCR (Horizon 2020, 2014–2020), à la date du relevé des données, la Suisse compte 3068 participations (graphique B 5.1).²

Les événements politiques du début de l'année 2014 ont eu un effet sur le nombre de participations suisses au 8^e PCR. À cause de l'acceptation de l'initiative « Contre l'immigration de masse » en Suisse et, ainsi lié, au renoncement de la signature du protocole d'extension de la libre circulation des personnes à la Croatie, la Suisse n'a été associée au programme Horizon 2020 qu'à partir du 15 septembre 2014 et ce uniquement de manière partielle. Après un recul des participations jusqu'en 2015, les valeurs des indicateurs de la participation suisse reprennent des couleurs depuis 2016 sans pour autant atteindre les valeurs du 7^e PCR.³

Depuis début 2017, la Suisse est entièrement associée à Horizon 2020. Les chercheurs actifs en Suisse sont éligibles pour bénéficier des contributions financières de l'UE. Toutefois, il est fort probable que les ralentissements du début du programme auront un effet négatif sur le total final des participations suisses.

Évolution des montants alloués à la recherche suisse

Les contributions allouées aux chercheurs en Suisse ont suivi l'évolution constante des budgets PCR. De 1992 à 2013, ces crédits ont été multipliés par neuf, passant d'environ 40 millions de francs en moyenne annuelle pour le 3^e PCR à plus de 350 millions de francs pour le 7^e PCR (graphique B 5.2). Depuis 1992, au total, 6,2 milliards de francs ont été attribués à des projets de recherche en Suisse, dont 2,3 milliards de francs pour le seul 7^e PCR.

En 2016, les financements ont continué à des niveaux similaires au 7^e PCR. Ce n'est qu'à partir de 2019 que les contributions attribuées aux institutions suisses ont légèrement augmenté par rapport aux valeurs du 7^e PCR. Toutefois, le total des financements alloués aux institutions suisses lors du 8^e PCR n'atteindra probablement pas la somme totale obtenue lors du 7^e PCR alors que le budget total du 8^e PCR a progressé de 63 % par rapport au 7^e PCR (de 50,5 milliards d'euros à 82,3 milliards d'euros).

L'importance des PCR pour les PME

Les subsides attribués lors des PCR peuvent être détaillés par institutions. En Suisse, depuis le 3^e PCR, le domaine des EPF a bénéficié de 2340 millions de francs, les universités cantonales de 1720 millions de francs, les PME de 820 millions de francs, les entreprises de 638 millions de francs, les institutions sans but lucratif de 419 millions de francs, les hautes écoles spécialisées de 186 millions de francs, la Confédération de 69 millions de francs et les cantons et communes de 33 millions de francs (graphique B 5.3).⁴

Les PCR sont aujourd'hui la principale source de financement public de la recherche et de l'innovation pour les entreprises suisses et, en particulier, pour les PME.

5.2 Horizon 2020

La participation au 8^e PCR se fait principalement sur trois piliers :

- Le premier, « Excellence scientifique » (budget total : 24,4 milliards d'euros soit 30 % du budget d'Horizon 2020), soutient la recherche fondamentale via deux instruments majeurs : les bourses du Conseil européen de recherche (voir point 5.3) et les actions Marie Skłodowska-Curie (MSCA) promouvant la mobilité des chercheurs. La Suisse comptabilise 1351 participations dans ce pilier.
- Le deuxième, « Primauté industrielle » (budget total : 17 milliards d'euros soit 20,9 % du budget d'Horizon 2020), propose des soutiens financiers pour des investissements de R-D effectués

¹ Pour plus d'informations voir : La participation de la Suisse aux programmes-cadres européens de recherche SEFRI, 2018a.

² Les données du 8^e PCR sont encore provisoires (date du relevé : 5 juin 2019).

³ Il est important de noter que le nombre de participations à des projets est toujours beaucoup plus faible la première année d'un PCR que les années suivantes. Ce phénomène s'explique par le délai entre la publication des premiers appels à propositions d'un programme-cadre et la validation ou le lancement effectif des premiers projets.

⁴ Pour la Confédération, on inclut tous les offices et les organisations directement sous contrôle de la Confédération (p. ex. SUVA ou Agroscope). Pour les communes, on comprend leurs unités et les organes directement sous leur contrôle qui participent ou organisent des projets de recherche (p. ex. les laboratoires cantonaux, les Services Industriels de Genève).

dans les domaines clés de l'industrie (TIC, nanotechnologies, matériaux avancés, biotechnologies, etc.) et offre entre autres aux entreprises novatrices l'accès à des financements (à risque), notamment pour les PME. La Suisse compte ici 684 participations.

- Le troisième pilier, « Défis sociétaux » (budget total : 29,7 milliards d'euros soit 36,4 % du budget total d'Horizon 2020), soutient la recherche fondée sur les priorités politiques de la stratégie Europe 2020. Ces mesures sont axées sur des problématiques de société actuelles (p. ex. santé, énergie, environnement, etc.) dont la résolution nécessite une coopération interdisciplinaire et une implication toute particulière des sciences humaines et sociales (voir partie C, étude 2). La Suisse compte ici 953 participations.

Participations suisses sous Horizon 2020

Dans le cadre du présent 8^e PCR, le nombre de participations suisses s'élève à 3068 soit 2,7 % du total des participations (graphique B 5.4). Cette proportion place la Suisse au huitième rang des pays de référence, derrière les grands pays européens. La Suisse devance largement les deux autres États associés pris en considération (la Norvège : 1986 participations et Israël : 1409 participations). Elle se place donc sur cet indicateur comme le premier partenaire de la recherche européenne des pays non membres de l'UE.

Montants alloués à la recherche suisse sous Horizon 2020

Dans le cadre d'Horizon 2020, les institutions suisses de recherche et d'innovation ont capté jusqu'ici 1991 millions de francs, soit 4 % du total des subsides engagés (graphique B 5.5).⁵ Si les grands pays européens dominent également sur cet indicateur, la Suisse précède quatre pays de l'UE ainsi que les deux autres États associés et souligne sa position de partenaire fort de la recherche européenne.

5.3 Qualité de la recherche menée en Suisse

En termes de ratio subventions allouées / nombre de participations, le subside moyen d'une participation suisse s'élève à 648 820 francs (graphique 5.6). Israël se place ici en première position avec une moyenne de 682 950 francs, suivi de l'Allemagne (558 780 francs) et de la Norvège (530 660 francs). Parmi les pays de référence, seules l'Italie et l'Autriche figurent en-dessous de la moyenne des 44 pays membres et associés.

Taux de succès des propositions de projet

La qualité des participations peut également être mesurée par le taux de succès des propositions de projet (rapport entre le nombre de projets subventionnés et le nombre de propositions de projets déposées). En Suisse, ce taux s'élève à 17,5 % soit 2,5 points de pourcentage au-dessus de la moyenne de l'ensemble des pays membres et associés (graphique B 5.7). Environ deux propositions de projet sur dix émanant d'une institution helvétique sont ainsi acceptées par la Commission européenne. Ce taux est le plus élevé des pays de référence, ex aequo avec l'Autriche.

Les bourses ERC

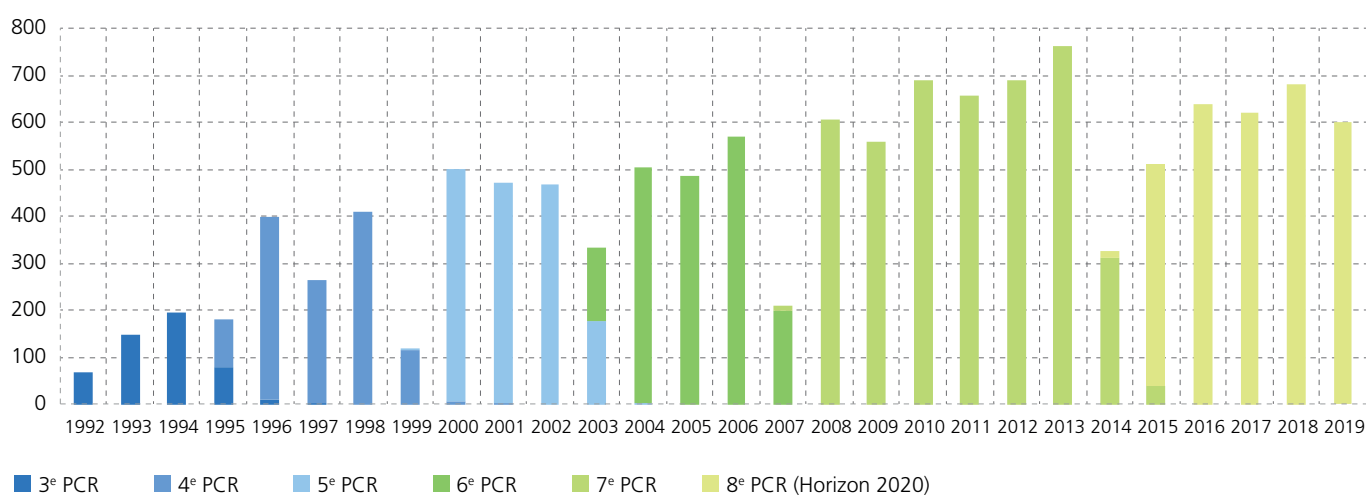
Le Conseil européen de la recherche (ERC) soutient des projets de recherche prometteurs menés par des scientifiques de toutes disciplines en allouant d'importantes bourses. Trois principaux types de bourses de prestige sont attribuées sur concours : a) les Starting Grants (pour les chercheurs en début de carrière comptant 2 à 7 ans d'expérience après leur doctorat), b) les Consolidator Grants (pour d'excellents chercheurs avec 7 à 12 ans d'expérience après le doctorat) et c) les Advanced Grants (pour les chercheurs expérimentés établis dans le paysage scientifique).

La qualité de cette recherche indépendante est très bonne en Suisse. En effet, au cours du 8^e PCR la Suisse a obtenu 103 Starting Grants (5,4 % de l'ensemble des Starting Grants attribués dans la période sous revue), 94 Consolidator Grants (5,8 %) et 110 Advanced Grants (9,3 %) (graphique B 5.8). Seuls les pays de relativement grande taille dépassent ces scores.⁶

⁵ En tant qu'État associé, la Suisse paie une contribution au budget d'un programme-cadre. Celle-ci est calculée en fonction du produit intérieur brut (PIB) par rapport à la somme des PIB de tous les États membres. Des 1991 millions de francs, 74 % proviennent de l'UE et 26 % directement de la Confédération.

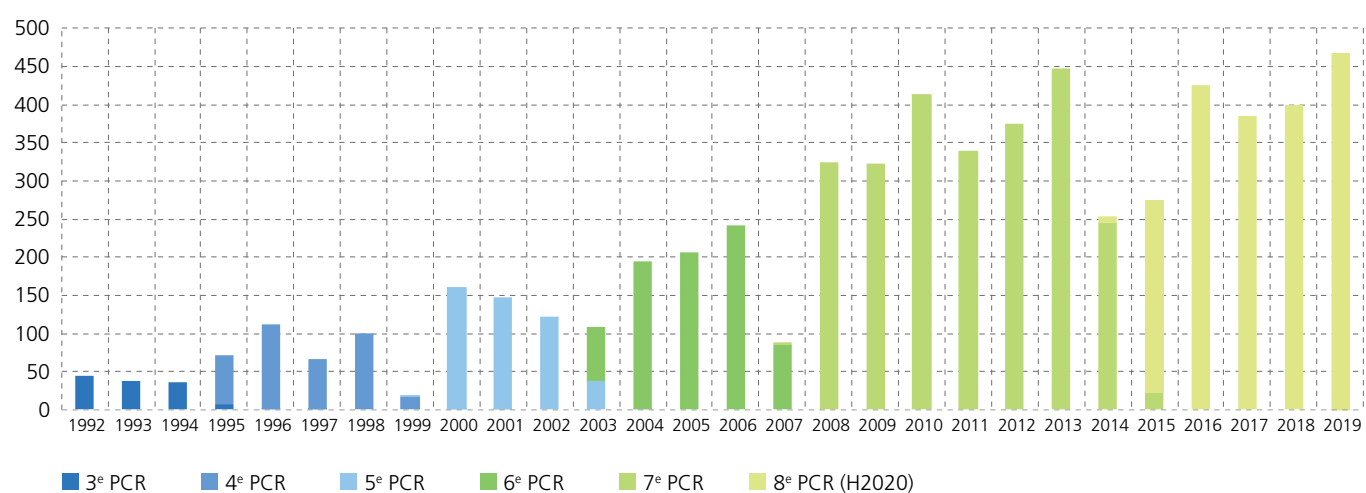
⁶ En tenant compte de la population, tous types de bourses ERC confondus, la Suisse obtient 8,2 bourses par million d'habitants (2017). Elle figure ainsi loin devant le Royaume-Uni (3 bourses par million d'habitants), l'Allemagne et la France (respectivement 1,9 et 1,8 bourse par million d'habitants).

Graphique B 5.1 : Nouvelles participations suisses aux PCR, selon la date de lancement du projet, 1992–2019



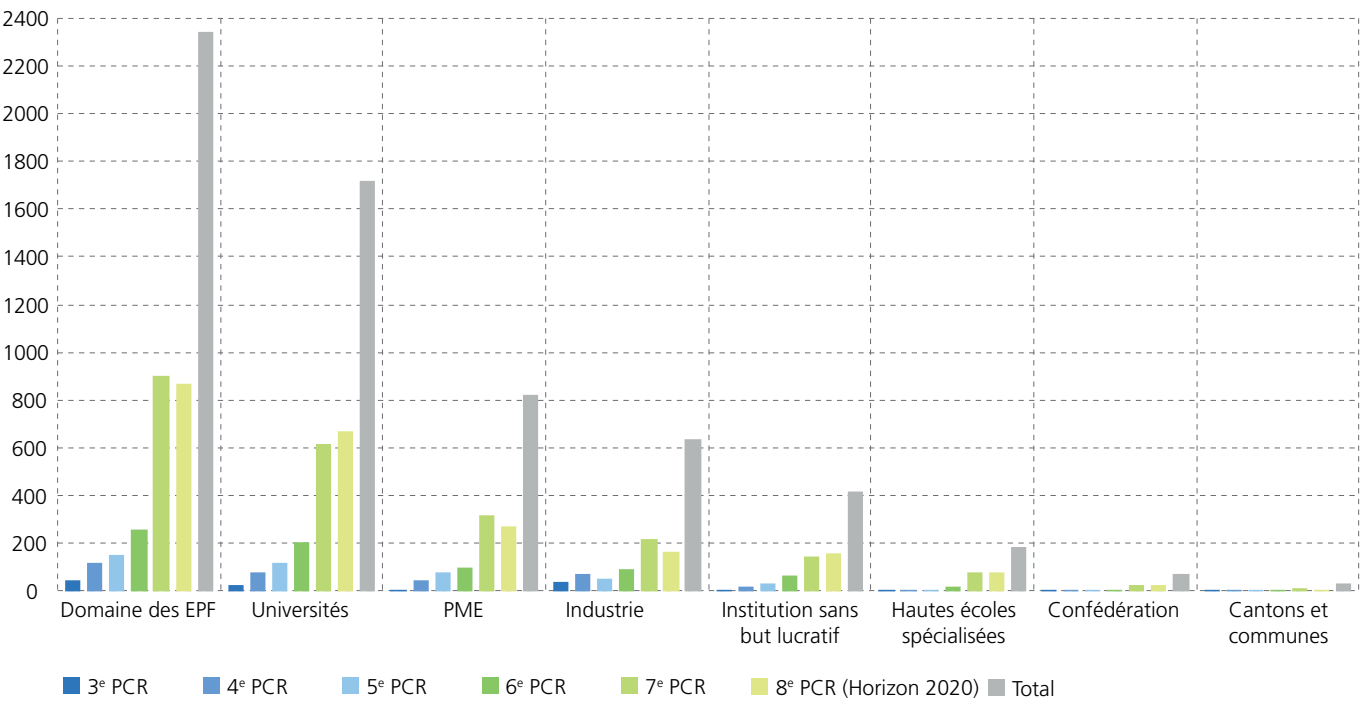
Source : Commission européenne, SEFRI

Graphique B 5.2 : Financements PCR alloués aux institutions suisses, en millions de francs suisses, 1992–2019



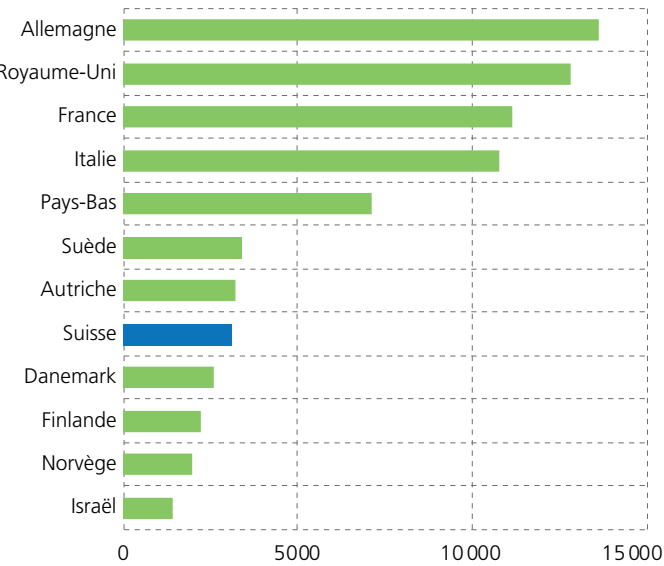
Source : Commission européenne, SEFRI

Graphique B 5.3 : Total des contributions PCR par institutions, en millions de francs suisses, depuis 1992



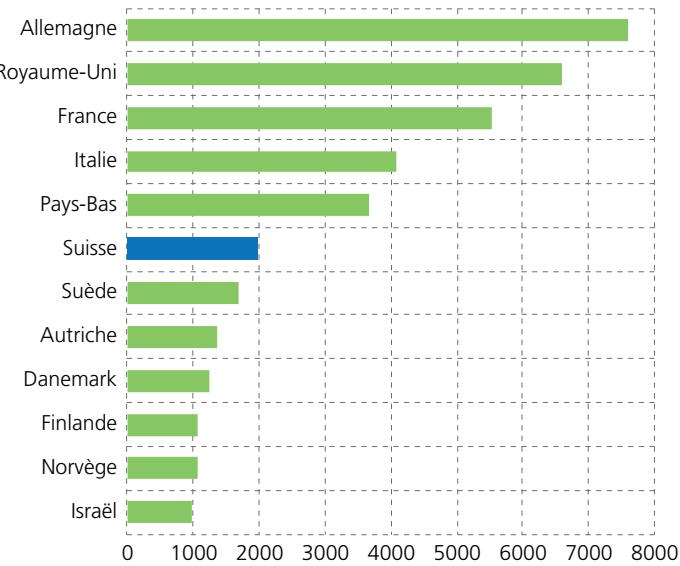
Domaine des EPF : ETHZ, EPFL, PSI, WSL, Empa, Eawag
Source : Commission européenne, SEFRI

Graphique B 5.4 : Nombre de participations à Horizon 2020, 2014–2019



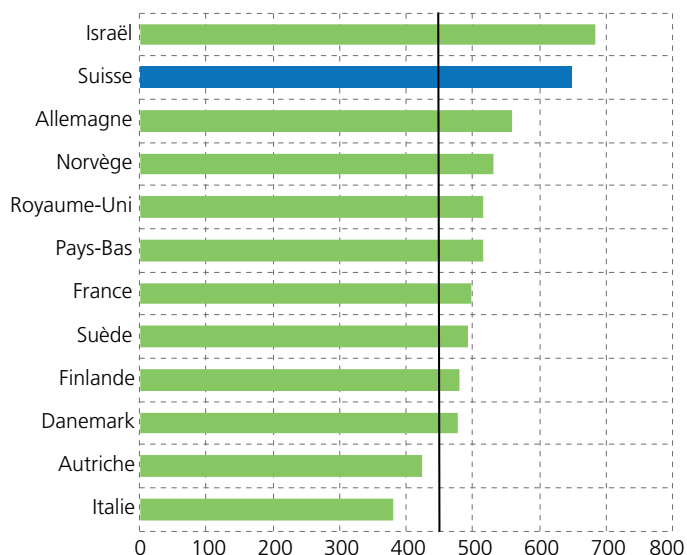
Le graphique inclut uniquement les pays de référence membres de l'UE ou ayant le statut d'État associé aux PCR.
Date de référence : 5 juin 2019
Source : Commission européenne, SEFRI

Graphique B 5.5 : Subsides alloués dans le cadre de Horizon 2020, en millions de francs suisses, 2014–2019



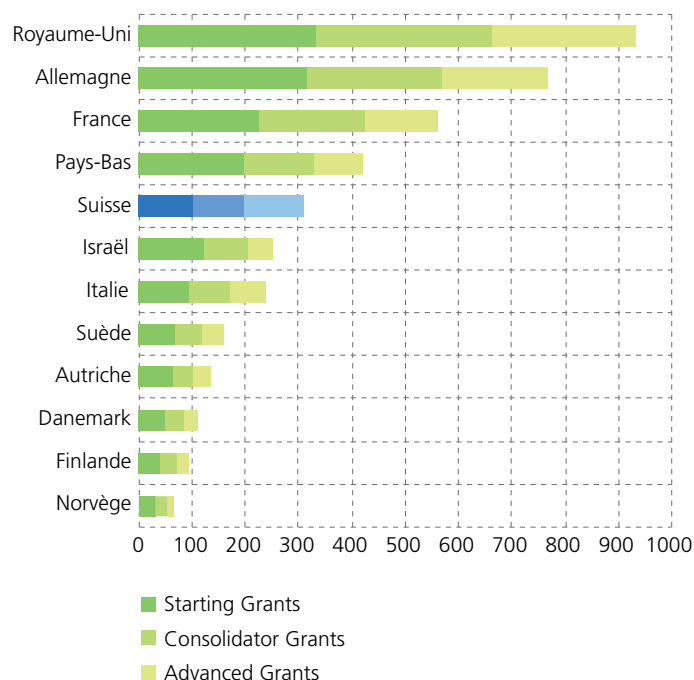
Le graphique inclut uniquement les pays de référence membres de l'UE ou ayant le statut d'État associé aux PCR.
Date de référence : 5 Juin 2019
Source : Commission européenne, SEFRI

Graphique B 5.6 : Subside moyen par participation à Horizon 2020, en milliers de francs suisses, 2014–2019



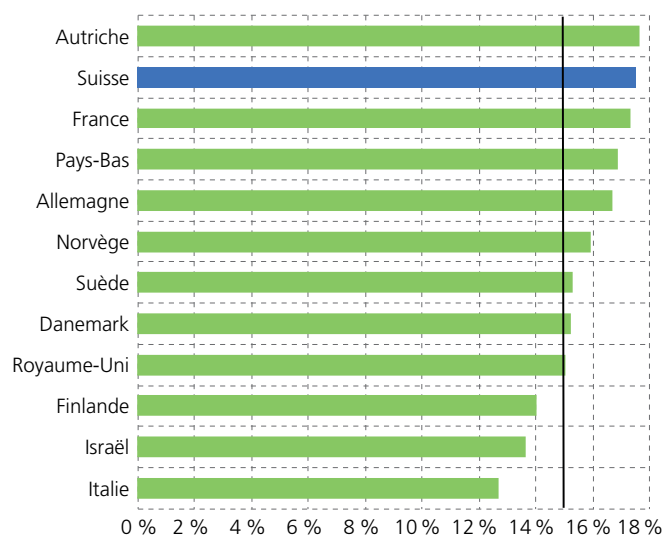
Ø des 44 pays membres et associés = 449 042 francs
Source : Commission européenne, SEFRI

Graphique B 5.8 : Bourses ERC, 2014–2018



Le graphique inclut uniquement les pays de référence membres de l'UE ou ayant le statut d'État associé aux PCR.
Source : ERC, SEFRI

Graphique B 5.7 : Taux de succès des propositions de projets présentées dans Horizon 2020, 2014–2019



Ø des 44 pays membres et associés : 15 %
Le graphique inclut uniquement les pays de référence membres de l'UE ou ayant le statut d'État associé aux PCR.
Source : Commission européenne, SEFRI

6 Publications scientifiques

Pour les chercheurs, le principal moyen de diffusion des connaissances est la publication d'articles dans des revues scientifiques. Les publications scientifiques concentrent en règle générale le meilleur de la recherche scientifique parce qu'elles font l'objet d'une sélection drastique avant d'être acceptées par une revue. Elles reflètent par conséquent les contributions à l'accroissement du savoir et se trouvent souvent à la base d'innovations importantes. En mesurant la production, l'impact et les activités de coopération, on peut évaluer la place de la Suisse dans la production des savoirs.

6.1 Volume de publications

Une première mesure de la prestation scientifique d'un pays consiste à comparer le volume de ses publications par rapport à la production mondiale totale. Une analyse par domaine de recherche indique les forces et les faiblesses d'un pays dans les différents champs scientifiques.

Sur la période 2014–2018, la part des publications suisses dans l'ensemble des publications mondiales est de 1,1 % (tableau B 6.1). La Suède et les Pays-Bas présentent des valeurs comparables. Les États-Unis dominent largement le classement (20,9 %), suivis de la Chine (13,3 %), en forte progression. La Suisse affiche un taux de croissance marqué entre les périodes 2008–2012 et 2014–2018 (7,7 %). Seuls la Chine, le Danemark et Singapour ont connu une progression encore plus forte.

En termes de publications par habitant, la Suisse est en tête avec 7056 publications par million d'habitants. Cet indicateur témoigne de la productivité supérieure à la moyenne de la recherche scientifique suisse.

En Suisse, les domaines de recherche les plus représentés dans les publications sont la Médecine clinique (25 %), les Sciences de la vie (24 %) et le groupe Physique, chimie et sciences de la Terre (23 %) (graphique B 6.2).

Si l'on prend le profil des États-Unis comme référence, on s'aperçoit que le portefeuille des publications suisses ne s'en écarte guère. La Suisse est cependant plus spécialisée en physique, chimie et sciences de la Terre mais moins en sciences sociales et comportementales.

6.2 Impact des publications

Outre le nombre d'articles parus dans des revues scientifiques, il convient également de tenir compte de la qualité ou de l'impact des publications. On recourt pour ce faire à un indicateur relatif à la fréquence à laquelle une publication est citée (facteur d'impact).

La Suisse se classe également très bien sur cet indicateur, en troisième position derrière les Pays-Bas et le Royaume-Uni (graphique B 6.3). Les publications de chercheurs établis au Japon, en Corée du Sud et en Chine ont un impact plus faible que la moyenne mondiale, ce qui indique qu'un grand nombre de publications ne se traduit pas toujours par un impact élevé.

Parmi les domaines scientifiques, ce sont les groupes Sciences techniques et de l'ingénieur, informatique, Physique, chimie et sciences de la Terre et Agriculture, biologie et sciences de l'environnement qui ont l'impact le plus élevé en Suisse (graphique B 6.4). Les domaines Sciences de la vie et Médecine clinique se situent également nettement au-dessus de la moyenne mondiale. Ce résultat reflète probablement en partie les investissements particulièrement importants que la Suisse consent dans la recherche fondamentale, surtout en sciences exactes et en sciences naturelles. Bien que les publications des domaines Sciences sociales et comportementales et Sciences humaines et arts aient un impact inférieur aux publications de chercheurs établis aux États-Unis, leur impact est supérieur à la moyenne européenne.

6.3 Collaborations internationales

La proportion de publications préparées par des chercheurs issus de plusieurs pays constitue un indicateur d'intégration dans les réseaux internationaux et des échanges de savoirs.

La Suisse est en tête des pays de référence avec une proportion de publications reposant sur des partenariats internationaux qui se monte à 85 % sur la période 2014–2018, devant l'Autriche et la Suède (graphique B 6.5). La part des partenariats internationaux n'a que peu évolué en Suisse depuis la période 2008–2012, où elle se situait à 80 %, déjà au premier rang à l'époque. Les plus fortes augmentations sont le fait du Japon, de la Finlande et de la Corée du Sud.

6.4 Publications suisses par régions

La région lémanique et celle de Zurich produisent la majeure partie des publications suisses (62 % des publications de la Suisse) (graphique B 6.6). À elles deux, ces régions concentrent sept hautes écoles, trois établissements de recherche du domaine des EPF, plusieurs laboratoires privés ainsi que des organisations internationales. Les régions Suisse du Nord-Ouest et Espace Mittelland produisent 31 % des publications et les trois régions restantes (Suisse orientale, Tessin et Suisse centrale) presque 7 %.

Les limites de l'analyse bibliométrique

La bibliométrie ne recense que les articles scientifiques, alors que de nombreuses disciplines scientifiques diffusent leurs résultats sous forme de communications orales, de monographies et de livres (p.ex. en sciences humaines et littéraires), de brevets ou de rapports ad hoc (p.ex. dans la recherche appliquée).

La bibliométrie se base principalement sur les revues scientifiques anglophones. De nombreux articles qui ne sont pas écrits en anglais (cas particulièrement fréquent en sciences sociales et humaines notamment) sont par conséquent exclus des banques de données bibliométriques.

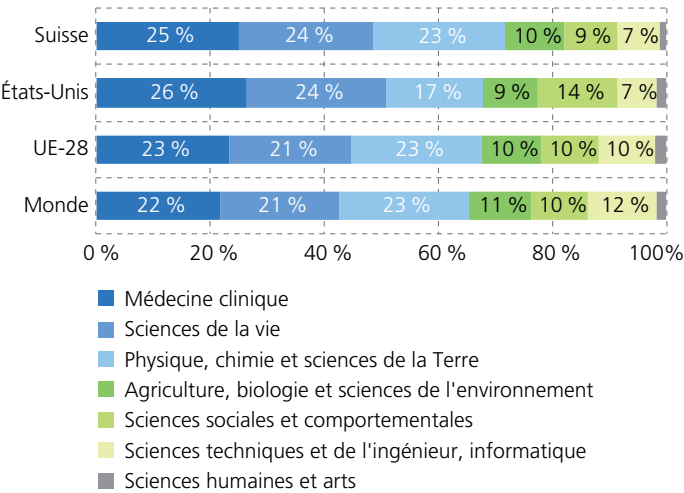
L'impact d'un article est calculé d'après le nombre de fois où celui-ci est cité dans d'autres articles : si une publication trouve beaucoup de résonance auprès des chercheurs, on en conclut que cet article est important et donc bon. Toutefois, les effets de mode peuvent fausser les résultats ; de plus, la reconnaissance d'une contribution scientifique peut arriver très tardivement.

Tableau B 6.1 : Publications scientifiques, moyenne pour la période 2014–2018

	Publications par million d'habitants	Part des publications mondiales	Taux de croissance annuel moyen du volume des publications entre les périodes 2008–2012 et 2014–2018
Suisse	7056	1,1 %	7,7 %
Danemark	7043	0,7 %	10,0 %
Norvège	6019	0,6 %	7,7 %
Finlande	5897	0,6 %	6,0 %
Suède	5760	1,0 %	7,3 %
Pays-Bas	5574	1,7 %	6,3 %
Singapour	4747	0,5 %	9,4 %
Royaume-Uni	3925	4,7 %	6,3 %
France	3847	4,7 %	5,3 %
Israël	3604	0,6 %	5,1 %
États-Unis	3565	20,9 %	5,5 %
Autriche	3428	0,5 %	6,5 %
Italie	3216	3,5 %	6,9 %
Allemagne	2982	4,5 %	6,2 %
Corée du Sud	2947	2,7 %	7,6 %
Japon	1709	3,9 %	3,7 %
Chine	532	13,3 %	17,0 %

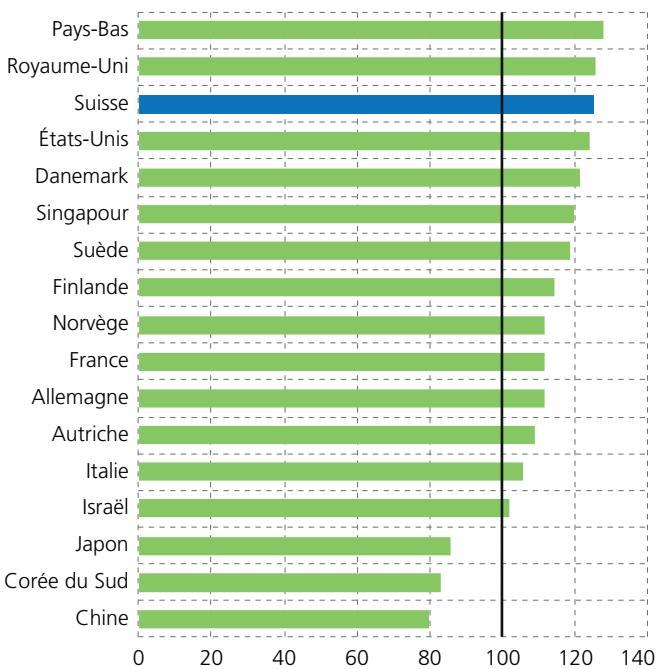
Classés en fonction du nombre de publications par million d'habitants
Source : SEFRI

Graphique B 6.2 : Publications scientifiques selon le domaine de recherche, moyenne 2014–2018



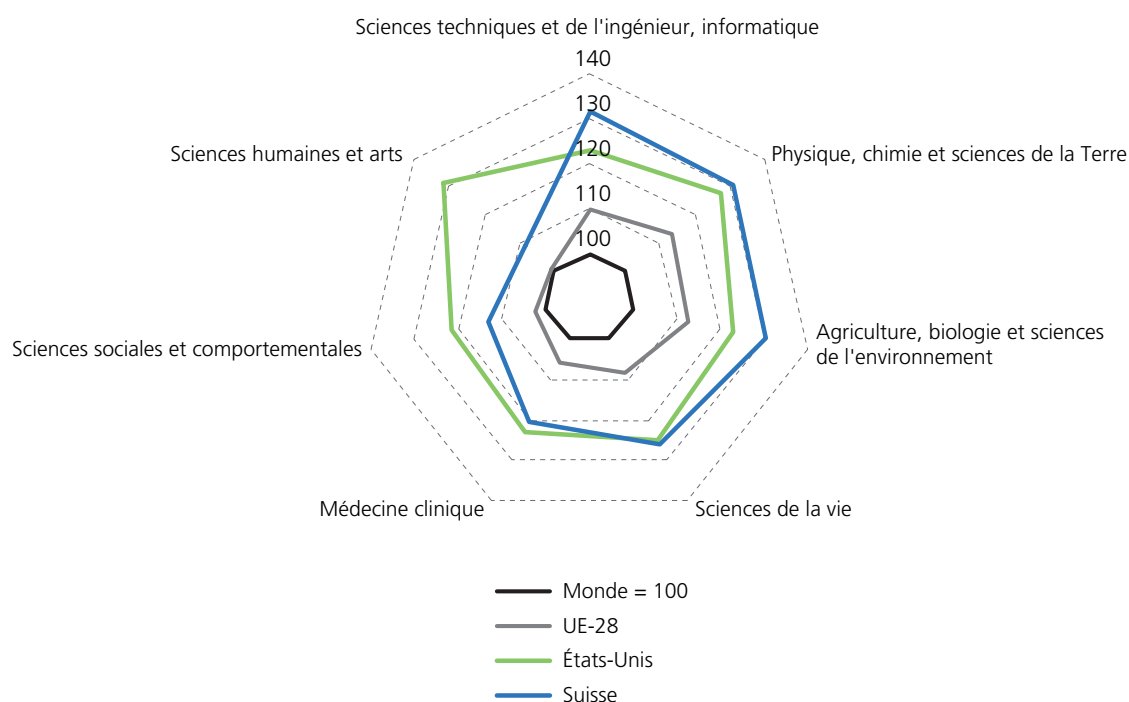
Source : SEFRI

Graphique B 6.3 : Impact des publications, moyenne 2014–2018



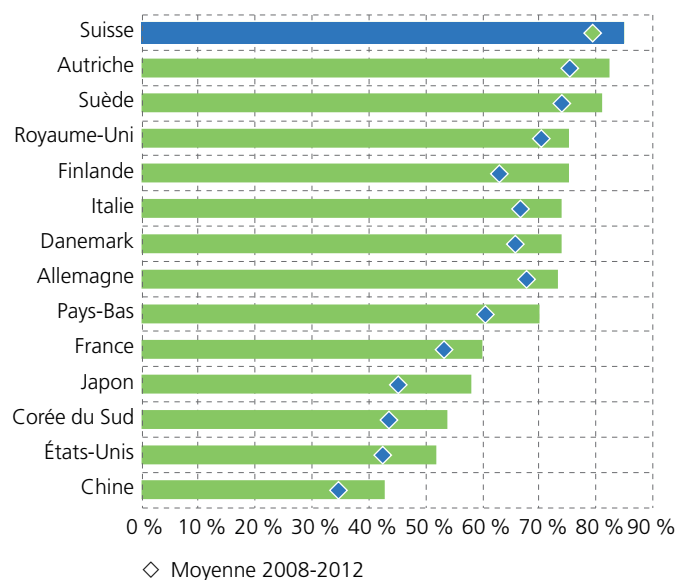
Indice relatif de citation : 100 = moyenne mondiale
Source : SEFRI

Graphique B 6.4 : Impact des publications selon le domaine de recherche, moyenne 2014–2018



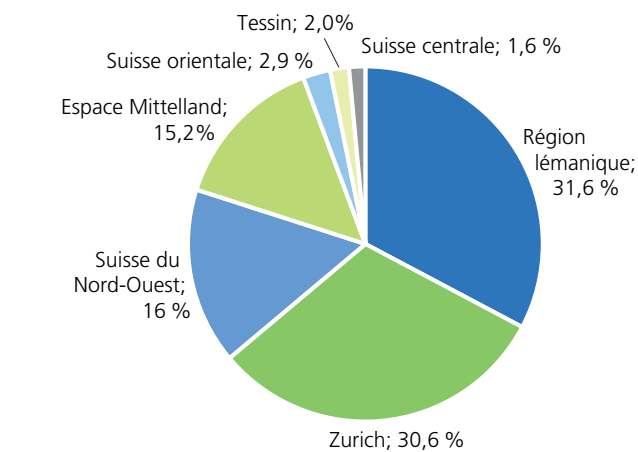
Source : SEFRI

Graphique B 6.5 : Part des partenariats internationaux dans l'ensemble des publications en coopération, moyenne 2014–2018



Source : SEFRI

Graphique B 6.6 : Publications de la Suisse par région, période 2014–2018



Source : SEFRI

7 Brevets

Les brevets sont déterminants pour l'innovation car ils protègent de toute utilisation abusive la propriété intellectuelle et les informations techniques. Cette protection juridique garantit aux inventeurs un retour sur investissement et facilite le transfert de technologie ainsi que la commercialisation du savoir.¹

Les demandes d'enregistrement de brevets permettent donc d'appréhender l'exploitation technologique et commerciale des connaissances issues de la recherche. Elles constituent l'indicateur le plus couramment utilisé pour mesurer le savoir technique que produit une économie. Ces indicateurs ont pour principal avantage de se baser sur des données internationalement comparables et disponibles dans le monde entier.

L'utilité des brevets varie cependant en fonction des secteurs, selon que d'autres stratégies informelles sont disponibles afin de se prémunir contre l'imitation (p. ex. l'avance accumulée sur les entreprises concurrentes ou le secret). Certains domaines (p. ex. celui des logiciels) sont dès lors insuffisamment couverts par ces indicateurs.

7.1 Brevets nationaux et internationaux

La Suisse, comme de nombreux pays, délivre des brevets nationaux qui protègent les inventions exclusivement à l'intérieur du pays. Toutefois, un nombre croissant d'entreprises suisses déposent aujourd'hui toujours plus de brevets directement à l'Office européen des brevets (OEB) afin de bénéficier d'une protection plus large. Pour la période 2017–2018, la protection de 7304 brevets nationaux et de 111 172 brevets européens a été prolongée en Suisse.²

La mondialisation des marchés, la fragmentation des chaînes de création de valeur ainsi que l'émergence de nouveaux acteurs intersectoriels confèrent un rôle central aux organisations régionales et internationales de protection de la propriété intellectuelle. Par le biais de dépôts harmonisés, ces organisations permettent la protection simultanée d'une invention dans un grand nombre de pays. Administré par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI), le Traité de coopération en matière de brevets (Patent Cooperation Treaty, PCT) offre la possibilité de solliciter la protection d'une invention dans plus de 150 pays en déposant une seule « demande internationale » de brevet.³

Nombre de brevets PCT par million d'habitants

En 2016, la contribution suisse au volume total des demandes de brevets PCT est modeste (3041 demandes, soit 1,5 % du total mondial). La Suisse figure loin derrière les États-Unis (57 560 demandes, soit 25 % du total mondial) et la Chine (43 800 demandes, 19 %). Les pays membres de l'Union européenne (UE-28) comptabilisent au total 55 920 demandes de brevets PCT (24 %).

Il est toutefois plus approprié de rapporter cette valeur à la taille de la population. Avec 406 demandes d'enregistrement de brevets PCT par million d'habitants, la Suisse se place dans le trio de tête, devant la Suède (388) et le Japon (344) (graphique B 7.1). Depuis 2006, le Japon et la Corée du Sud connaissent une progression importante des demandes d'enregistrement de brevets PCT.

7.2 Coopérations internationales

La bonne position de la Suisse mérite d'être analysée sous l'angle des coopérations internationales. En effet, l'internationalisation des activités de recherche et d'innovation amène les chercheurs à développer des synergies et des complémentarités avec d'autres instituts de recherches étrangers et les entreprises à puiser dans le savoir acquis au sein d'autres économies.

Cette internationalisation des activités scientifiques peut être examinée sous l'angle des brevets. Les documents des brevets indiquent le(s) inventeur(s) et le(s) déposant(s) – soit le titulaire du brevet au moment de la demande – ainsi que leur adresse et donc leur pays de résidence. L'exploitation de ces informations permet de retracer l'organisation géographique des activités de recherche et d'innovation.

Brevets déposés lors de coopérations internationales

Les demandes de brevets PCT peuvent être enregistrées avec plusieurs inventeurs. En Suisse, 42 % des 3041 demandes de brevets PCT ont été déposées avec au moins un co-inventeur étranger (graphique B 7.2). Plus de deux tiers de ces co-inventeurs travaillent au sein de l'UE-28 et près d'un quart aux États-Unis (OCDE, 2019f).

La Suisse caracole en tête, loin devant les pays de référence, ce qui souligne son fort maillage international. Le taux de brevets PCT déposés avec au moins un co-inventeur ne dépasse pas la barre des 5 % pour les économies asiatiques, sauf à Singapour (pays également de petite taille).

¹ L'étude 6 de la partie C aborde en profondeur le thème de la propriété intellectuelle.

² IPI (2018), Rapport annuel 2017–18. Berne : Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle

³ Alors que les brevets protègent les inventions techniques, il faut noter qu'au niveau international, deux autres instruments permettent la protection juridique de l'innovation : les designs et les marques. Les premiers permettent la protection des formes extérieures, des contours d'un objet et les secondes, la protection d'un nom ou encore d'un logo.

Contrôle étranger d'inventions domestiques

Les entreprises étrangères réalisent d'importantes avancées techniques en puisant dans le savoir présent en Suisse. La part des brevets PCT détenue par des entreprises sises à l'étranger pour des inventions réalisées en Suisse souligne l'attractivité des connaissances acquises en Suisse.

La Suisse se place dans le top 5 des pays les plus attractifs pour les investissements étrangers réalisés dans l'acquisition de nouvelles connaissances (graphique B 7.3). En 2016, 27,7 % des 3041 demandes de brevets PCT déposées avec le nom d'inventeurs établis en Suisse sont contrôlées par des entreprises étrangères. Près de 60 % d'entre elles sont établies en Europe, et un peu plus de 30 % aux États-Unis (OCDE, 2019e). Singapour atteint ici la barre des 41 % (dont la moitié est détenue par des entreprises américaines).

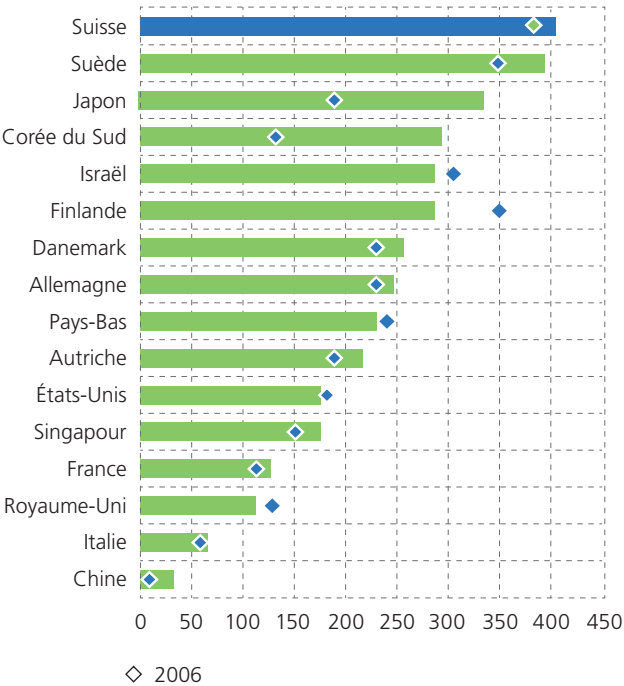
7.3 Présence dans les nouvelles technologies

Analyser les demandes de brevets PCT par domaine technologique permet de mesurer la spécialisation relative d'une économie.⁴

La Suisse présente une spécialisation dans les technologies de la santé (pharmacie et technologies médicales) et les biotechnologies (tableau B 7.4). Elle ne présente aucune spécialisation dans les technologies de l'environnement, les nanotechnologies ainsi que les technologies de l'information et de la communication (TIC) et se situe dans ces trois domaines au-dessous de l'index de l'UE-28.

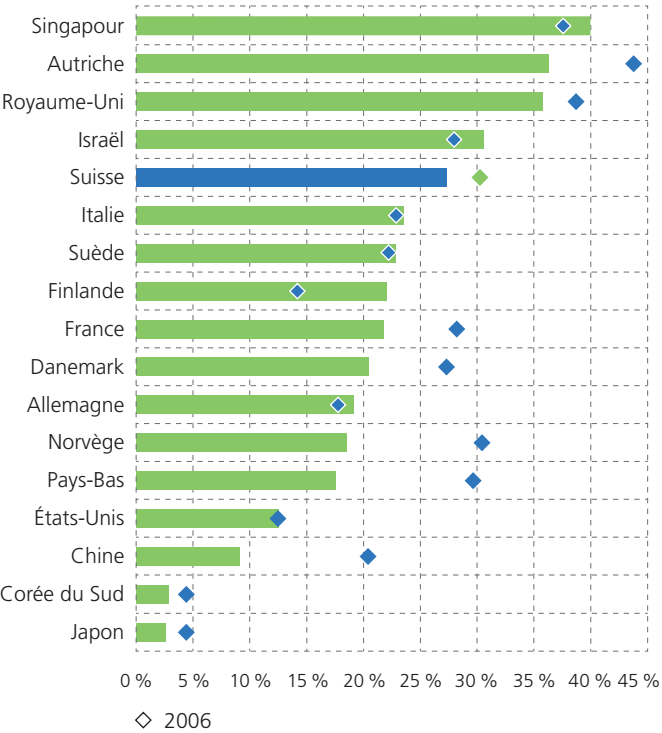
⁴ Si la proportion des demandes de brevets PCT dans un domaine donné d'un pays est supérieure à la proportion de toutes les demandes PCT mondiales dans ce même domaine, le pays est spécialisé.

Graphique B 7.1 : Demandes de brevets PCT par million d'habitants, 2016



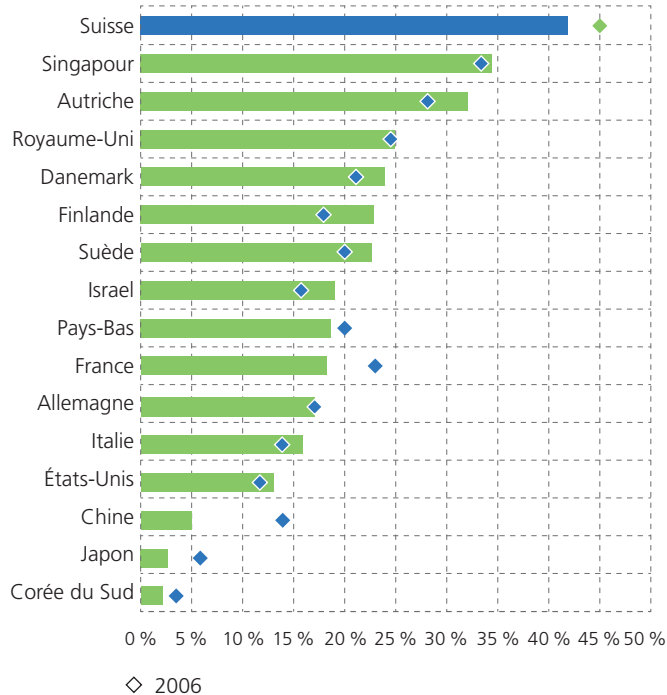
En fonction du lieu de résidence des inventeurs
Données non disponibles : Norvège
Source : OCDE

Graphique B 7.3 : Part des demandes de brevets PCT détenus par des entreprises ayant leur siège à l'étranger, 2016



Exception à l'année de référence 2006 : Autriche (2005)
En fonction du lieu de résidence des inventeurs
Source : OCDE

Graphique B 7.2 : Part des demandes de brevets PCT mentionnant au moins un co-inventeur étranger, 2016



En fonction du lieu de résidence des inventeurs
Source : OCDE

Tableau B 7.4 : Avantage technologique révélé, 2014–2016

Technologies de la santé	Biotechnologies	Technologies de l'environnement	Nanotechnologies	Technologies de l'information et de la communication
Israël 209	Danemark 250	Japon 183	Singapour 599	Chine 183
Pays-Bas 162	Singapour 203	Singapour 176	États-Unis 154	Suède 145
Suisse 154	États-Unis 170	France 169	Israël 145	Finlande 128
États-Unis 154	Israël 142	Corée du Sud 126	Royaume-Uni 124	Corée du Sud 121
Danemark 142	Royaume-Uni 141	Allemagne 122	Corée du Sud 105	Israël 116
Singapour 124	Suisse 133	Danemark 113	Finlande 103	États-Unis 107
Royaume-Uni 120	France 115	UE-28 106	France 92	Singapour 94
Italie 101	Norvège 110	Israël 97	Pays-Bas 88	Japon 80
UE-28 92	Pays-Bas 110	Royaume-Uni 84	UE-28 75	Royaume-Uni 75
Corée du Sud 84	UE-28 96	États-Unis 68	Danemark 71	UE-28 59
France 82	Corée du Sud 88	Italie 67	Suède 69	France 57
Norvège 78	Autriche 82	Finlande 66	Japon 66	Pays-Bas 54
Suède 72	Italie 69	Autriche 64	Italie 58	Allemagne 46
Autriche 72	Finlande 65	Suisse 56	Suisse 51	Danemark 39
Japon 69	Suède 64	Norvège 53	Chine 50	Suisse 39
Allemagne 66	Allemagne 63	Pays-Bas 34	Allemagne 35	Autriche 36
Finlande 55	Japon 57	Chine 33	Autriche 24	Norvège 35
Chine 50	Chine 44	Suède 23	Norvège 12	Italie 29

Avantage technologique révélé: part des demandes de brevets PCT d'un pays dans une technologie donnée rapportée à la part mondiale des demandes de brevets dans cette même technologie.

L'avantage technologique révélé est de 0 lorsque le pays ne détient aucun brevet dans le domaine, de 100 lorsque la part du pays dans le domaine est égale à la part mondiale dans ce même domaine (aucune spécialisation particulière) et plus de 100 lorsqu'une spécialisation est observée.

Les technologies de la santé comprennent les domaines des techniques médicales et de la pharmacie.

Les technologies de l'environnement regroupent un large panel de technologies relatives à la gestion de la pollution, de l'eau ou encore de l'atténuation des changements climatiques.

Les nanotechnologies regroupent les activités scientifiques ayant comme objet de travail des entités d'une taille géométrique contrôlée inférieure à 100 nm.

Calculs sur la base des demandes de brevets PCT.

Source : OCDE, calculs SEFRI

8 Technologies de l'information et de la communication

Avec la numérisation, les activités économiques et sociales sont en profonde mutation. Les technologies de l'information et de la communication (TIC) facilitent le prélèvement, la manipulation, le stockage, l'analyse et la diffusion d'informations en temps réel. Par TIC, on entend aussi bien la fabrication de composants informatiques, électroniques et optiques (produits TIC) que les services informatiques, de télécommunications et de traitement de l'information (services TIC).

Les indicateurs présentés dans ce chapitre permettent d'examiner certains aspects de la transformation numérique en cours en portant un regard sur l'importance des TIC dans l'économie, la pénétration des TIC dans le secteur privé et les activités de recherche et d'innovation TIC. Les enjeux de cybersécurité et de formation sont aussi abordés.¹ Les technologies de l'information et de la communication ont un impact direct sur les activités de création et de distribution de contenus multimédia (texte, audio ou vidéo). Afin de présenter une image complète de l'économie de l'information, certains indicateurs prennent également en considération ce domaine.²

8.1 Importance des TIC dans l'économie

Valeur ajoutée des TIC

En Suisse, les industries de fabrication de produits TIC contribuent à 3,1 % et les services TIC à 3,6 % de la valeur ajoutée totale (graphique B 8.1).³

Avec les services de création de contenus multimédia comptant pour 0,5 % de la valeur ajoutée totale, l'économie de l'information contribue à 7,2 % de la valeur ajoutée totale en Suisse. En comparaison des pays européens, seules la Finlande (7,8 %) et la Suède (8,4 %) font mieux. Israël se place en tête avec une valeur ajoutée de l'économie de l'information deux fois plus élevée (15 %).

Emplois dans les TIC

En Suisse, 3,9 % de la population est employée dans le secteur TIC (OFS, 2019e). 1 % est employé à la fabrication et au commerce de gros TIC, 0,7 % dans les télécommunications et 2,2 % dans le développement de logiciels et de bases de données. En ajoutant les 0,9 % des emplois dans le secteur de création de contenu multimédia, les emplois TIC représentent 4,8 % du total de l'emploi.

¹ L'étude 3 de la partie C aborde le thème de la numérisation sous l'angle des innovations de services. L'étude 7 de la partie C présente l'influence de la numérisation sur les nouveaux modèles d'affaires des entreprises suisses.

² Pour une définition précise et exhaustive de l'« économie de l'information », comprenant les biens et services TIC ainsi que les multimédias, voir les catégories 26, 58 à 63 (partie J) de la classification internationale des activités économiques des Nations Unies (NOGA 2008).

³ La valeur ajoutée représente l'augmentation de la valeur des produits qui résulte du processus de production. Dans la comptabilité nationale, la valeur ajoutée s'obtient en déduisant la consommation intermédiaire de la valeur de production.

En comparaison internationale, seuls Israël (6 %), la Corée du Sud (5,2 %) et la Finlande (4,9 %) comptent une part légèrement plus importante d'emplois TIC dans l'emploi total (graphique B 8.2).

Exportations de services TIC

Avec une part de 3 % du total mondial des exportations de services TIC, la Suisse se place dans le top 10 (graphique B 8.3). Les États-Unis (8,9 %) et l'Allemagne (7,6 %) sont en tête des pays de référence, alors que la Corée du Sud et le Japon exportent chacun à peine 1 % du total mondial.⁴

En Suisse, la dynamique de ces exportations est positive puisque leur part a augmenté de 0,8 point de pourcentage entre 2008 et 2017. Il s'agit de la quatrième plus forte progression derrière la Chine (3,7 points), l'Allemagne et les États-Unis (1,3 point).

Investissements dans les TIC

Exprimés en pourcentage du produit intérieur brut, les investissements dans les TIC représentent 3,5 % du PIB suisse, dont 2,5 % sont réalisés dans l'acquisition de logiciels et de bases de données (graphique B 8.4). En comparaison internationale, seuls les Pays-Bas, la Suède et la France atteignent des valeurs plus élevées.

En Suisse, ce taux n'a que très légèrement progressé en 10 ans, alors que les Pays-Bas, la France et l'Autriche ont eux significativement augmenté leurs investissements dans les TIC depuis 2006.

8.2 La diffusion des TIC dans le secteur privé

L'internet des objets, le cloud computing, le big data et l'intelligence artificielle sont les technologies numériques dont le potentiel d'application transversal est le plus prometteur. Alors que de nombreuses autres technologies pourraient être abordées, ce sont à ce jour les seules données internationales comparables qui mesurent la pénétration de certaines TIC clés au sein des entreprises.

Internet des objets

L'internet des objets (IdO) accélère la « datafication » du monde physique. Cette technologie sera probablement toujours plus utilisée dans les modes de production, de distribution et de gestion car elle permet de relever en temps réel des quantités importantes d'informations.

L'IdO offre entre autres la possibilité d'ajuster instantanément un système ou encore d'optimiser et d'automatiser des prises de décision. Cette technologie augmente la traçabilité des objets. Les domaines de la sécurité, des transports, de l'énergie, de l'environnement, de la santé ou encore de l'agriculture pourraient être largement touchés par son application.

⁴ Bien que ces deux pays ne figurent pas dans le panel, on relève que l'Irlande exporte 16,4 % du total des services TIC mondiaux et l'Inde 12,5 %.

L'IdO se fonde sur trois composants technologiques réunis en un seul objet: i) des capteurs permettant de relever l'information voulue (p. ex. les fluctuations de température dans un local de stockage, niveau du liquide dans un bassin), ii) une puce RFID permettant de reconnaître l'identité et la position de l'objet connecté et iii) des cartes SIM intégrées aux objets afin qu'ils puissent communiquer entre eux.

Les premières statistiques de l'OCDE sur la pénétration de la communication entre appareils soulignent l'importante utilisation de cette technologie en Suède, en Norvège ainsi qu'aux États-Unis (OCDE, 2019f). En Suisse, ces données n'ont pas encore été relevées mais les estimations de l'OCDE pointent vers une très faible utilisation.

Pour ce qui est de la technologie RFID, en Suisse, 5,7 % des entreprises comptant dix employés ou plus utilisent cette technologie (graphique B 8.5). En Corée du Sud, 42 % des entreprises recourent à cette technologie, en Finlande 23 %, en Autriche 19 %.

Cloud computing

Les services du cloud permettent aux entreprises d'avoir accès à des services informatiques en ligne, combinables à la demande.⁵ Ils augmentent de ce fait significativement leurs capacités informatiques et leur offrent une potentielle flexibilisation des coûts, particulièrement attractive pour les petites et moyennes entreprises.

En Suisse, 40 % des grandes entreprises (250 employés et plus) recourent aux services du cloud computing, contre 26 % des moyennes entreprises (50 à 249 employés) et 20 % des petites entreprises (5 à 49 employés) (OFS, 2019e). Au total, sans distinction de taille, ce sont 22 % des entreprises helvétiques qui recourent aux services du cloud (graphique B 8.5). Ce taux se monte à 65 % en Finlande, 57 % en Suède et 56 % au Danemark.

Big data

L'analyse des données massives offre la possibilité d'extraire d'une grande quantité de données – a priori non-structurées – des signaux d'information guidant les prises de décisions. À ce jour, 22 % des entreprises des Pays-Bas, 19 % des entreprises de Finlande et 16 % des entreprises de France ont recours au big data (graphique B 8.5). À ce jour, aucune donnée n'est disponible pour la Suisse.

Intelligence artificielle

Le terme intelligence artificielle (IA) est utilisé pour décrire des systèmes informatiques capables d'exécuter, dans certaines mesures, des fonctions cognitives semblables à celles de de l'humain (apprendre, comprendre, raisonner, interagir, etc.) (OCDE, 2019f).

La récente percée de l'IA a notamment été rendue possible par les développements de l'IdO, du cloud computing, du big data ainsi que de l'augmentation des puissances de calculs informatiques. Couplée aux progrès scientifiques de ses domaines d'application (biologie, médecine, finance, transport, production industrielle, etc.), l'IA ouvre un potentiel d'innovation majeur car, par l'exploration d'une grande quantité de données relevées en temps réel, les algorithmes d'un système IA sont capables de prendre rapidement des décisions complexes lorsque l'être humain ne peut plus rassembler et traiter cette quantité importante d'informations.

L'IA est déjà très présente dans les services web, comme les moteurs de recherche, dans les applications de reconnaissance et d'assistance vocale, d'identification faciale ou encore de traduction. Les branches de la manufacture, de l'automobile ou encore de la santé y recourent de plus en plus. Les applications dans le domaine de la santé sont particulièrement prometteuses: un algorithme se nourrissant de données directes de patients (données physiologiques, caractéristiques pathologiques, traitement antérieurs, environnement social, etc.) pourrait, par analyses statistiques, définir et optimiser rapidement les soins les plus appropriés à prodiguer.

Les données mesurant la pénétration de l'IA dans les économies sont encore rares, seuls les brevets permettent pour le moment de comparer au niveau international l'avancée réalisée par les entreprises actives dans le domaine. En tenant compte du lieu où la recherche est effectuée, avec 27 brevets du top 10 % par million d'habitants, la Suisse se place en troisième position des pays actifs dans la recherche en IA (graphique B 8.6).⁶ Avec 60 brevets du top 10 % par million d'habitants, Israël est le pays le plus attractif pour mener des activités de recherche en IA.

En fonction du siège social de l'entreprise qui dépose un brevet dans le domaine IA, avec 17 brevets du top 10 % par million d'habitants, les entreprises suisses se placent derrière les entreprises américaines (28 brevets du top 10 % par million d'habitants) mais devant les entreprises israéliennes et néerlandaises (15 brevets dans le top 10 % par million d'habitants).

8.3 Activités de recherche et d'innovation dans le domaine TIC

L'effort de recherche et d'innovation d'un pays dans le domaine TIC peut être mesuré par les indicateurs traditionnels de recherche et développement (R-D). Toutefois, les processus de financement de projets numériques peuvent différer des financements

⁵ Trois types de services existent dans l'utilisation du cloud: la mise à disposition d'applications (ou Software as a Service, SaaS), de plateformes de développement et d'organisation (Platform as a Service, PaaS) ou encore de puissances informatiques et de capacités de stockage (Infrastructure as a Service, IaaS).

⁶ Le top 10 % des brevets (les meilleurs) est calculé en fonction de la pertinence technologique d'un brevet mesurée en termes de références et de citations ainsi que de leur couverture de marché, mesurée par l'étendue de la couverture juridique du brevet. Source: EconSight (2019).

traditionnels de R-D. En phase de démarrage, ces projets sont de plus en plus financés par des fonds propres obtenus par le biais de réseaux d'investisseurs prêts à partager le risque d'échec et de réussite d'un projet. De plus, les avancées effectuées dans le domaine numérique ne peuvent être entièrement captées par les statistiques de brevets et de publications car elles sont souvent le fait d'innovations fondées sur les données et le développement de codes de programmation. Ces innovations numériques sont aussi toujours plus réalisées en open source (p. ex. par le biais de logiciels accessibles, modifiables, copiables et exécutables par tous).

Les investissements en capital-risque et la production scientifique de codes et de bases de données complètent ainsi les indicateurs plus traditionnels de R-D.

Dépenses de R-D de l'économie de l'information

Les dépenses totales de R-D du secteur privé suisse représentent 2,3 % du PIB, dont 0,3 % imputables à l'économie de l'information (fabrication TIC, services TIC et création de contenus multimédia) (graphique B 8.7). C'est en Israël et en Corée du Sud que les dépenses de R-D de l'économie de l'information sont les plus élevées (respectivement 2,1 % et 1,8 % du PIB). Pour ces deux pays, ce taux représente plus de la moitié de l'effort de R-D total du secteur privé.

Investissements en capital-risque dans le secteur TIC

En Suisse, les investissements en capital-risque dans le secteur TIC représentent 0,015 % du PIB (graphique B 8.8). Ce taux est dix fois plus élevé aux États-Unis qui caracolent en tête du classement avec 0,17 % du PIB. Le Royaume-Uni (0,04 %) et la Finlande (0,03 %) suivent loin derrière en deuxième et troisième position.

Brevets TIC

De 2013 à 2016, les demandes de brevets TIC ont représenté 12 % du total des dépôts de brevets suisses (taux inchangé depuis dix ans). En Chine, à Singapour et en Corée du Sud, ce taux dépasse les 50 %. En Europe, la Suède et la Finlande présentent des taux supérieurs à 40 % (graphique B 8.9).

Publications en sciences informatiques

Les publications scientifiques suisses dans le domaine des sciences informatiques comptent parmi les meilleures du monde en termes d'impact. Près d'un cinquième des 1602 articles publiés dans ce domaine en 2017 se classent dans le top 10 % mondial des plus cités. Si les États-Unis publient presque 20 fois plus (28 346 publications au total en 2017), seules 17 % de ces publications figurent dans le top 10 % des plus citées. L'impact des publications chinoises (39 521 publications au total), japonaises (8301 publications) et sud-coréennes (5649 publications) est particulièrement faible, bien au-dessous de la moyenne des pays membres de l'Union européenne (UE-28) (graphique B 8.10).

Productions scientifiques de codes et de bases de données

L'OCDE a publié pour la première fois en 2019 un indicateur expérimental fondé sur l'« International Survey of Scientific Authors 2018 ». Cette enquête vise à recueillir des données sur l'utilisation des outils numériques pour la science et leur impact sur les différentes activités scientifiques.

En questionnant les chercheurs ayant publié au cours de l'année de référence, l'OCDE a mis en évidence que 30 % des 93 répondants résidant en Suisse ont signalé avoir développé de nouveaux codes et de nouvelles bases de données, 10 % des nouveaux codes uniquement et 31 % de nouvelles bases de données uniquement. Au final, seuls 29 % n'avaient effectué aucune avancée numérique (graphique B 8.11). Bien que la comparaison internationale soit délicate, ces résultats indiquent une activité digitale des chercheurs en Suisse potentiellement importante.

8.4 L'enjeu de la cybersécurité

Les innovations numériques ne pourront véritablement délivrer tout leur potentiel que dans un environnement où dominent la confiance et la sécurité envers les TIC. C'est particulièrement vrai pour l'intelligence artificielle où une mauvaise qualité des données, un changement imprévu d'environnement de leur prélèvement ou encore l'opacité de l'algorithme qui leur est appliqué pourraient mener à des résultats tronqués et à des prises de décision erronées. La faible utilisation des solutions du cloud computing des entreprises suisses par rapport aux entreprises scandinaves peut également être due à un manque de confiance envers cette technologie. Les questions de protection de données, d'externalités négatives, d'impact sur tiers, de responsabilité, d'éthique, etc. doivent être abordées.

Le « Global Cybersecurity Index 2018 » de l'Union Internationale des Communications compare les pays en matière de cybersécurité en regroupant 25 indicateurs construits sur cinq piliers. Ces piliers mesurent les éléments suivants :

- 1) *Pilier juridique* : la présence de cadres et d'institutions juridiques traitant la cybersécurité et la cybercriminalité,
- 2) *Pilier technique* : la présence d'organes nationaux de surveillance capables de traiter les cyberincidents et d'entités gouvernementales faisant autorité grâce à des standards de sécurité acceptés,
- 3) *Pilier organisationnel* : l'existence d'une stratégie nationale et d'une agence nationale de coordination pour l'implémentation des politiques et des initiatives de cybersécurité,
- 4) *Pilier de renforcement des compétences* : l'existence de programmes de renforcement des capacités (p. ex. de campagnes de sensibilisation, de programmes de formation, de certifications et d'accréditation pour les professionnels de la cybersécurité) ainsi que d'agences publiques pour l'encouragement au développement des capacités techniques et interdisciplinaires,
- 5) *Pilier de coopération* : la présence de cadres de coopérations internationales ainsi que de réseaux de partage d'informations.

En combinant son score sur ces cinq piliers, la Suisse figure à l'avant-dernier rang des pays de référence (graphique B 8.12). Plus précisément, elle se place dernière sur le pilier juridique, antépénultième sur le pilier technique et de renforcement des compétences, en milieu de classement sur le pilier organisationnel et dans le haut de tableau sur le pilier de coopération. Le Royaume-Uni prend la première place du classement global.⁷

8.5 Un défi pour la formation

La part importante de personnes actives en Suisse dans le secteur TIC résulte en partie des capacités de formation qui ont fortement progressé depuis les années 2000. La formation professionnelle initiale joue un rôle particulièrement important. En 2017, 2582 certificats fédéraux de capacité ont été attribués dans le domaine des TIC, soit une valeur record dépassant légèrement le nombre de 2577 de 2005 (graphique B 8.13). Depuis 2009, la progression des CFC TIC est en moyenne de 7,2 % par an. Le taux de diplômé HES a également évolué en moyenne de 7 % par an pour atteindre 1376 diplômés en 2017. Dans les hautes écoles universitaires (universités cantonales et les deux EPF), l'évolution est en moyenne de 5 % par an depuis 2009. Seule la formation professionnelle supérieure connaît une plus faible évolution (1 % par an) et même une tendance à la baisse depuis 2015. Au total, près de 6000 personnes ont été diplômées dans le domaine des TIC en Suisse en 2017, soit 2013 personnes de plus qu'en 2009.

En tenant compte de la pluridisciplinarité nécessaire au développement de l'économie de l'information, il est pertinent de considérer l'ensemble des diplômés des sciences de l'information. Au sens large, cette catégorie englobe selon l'OCDE aussi bien les diplômés des sciences naturelles, des mathématiques, des statistiques, des TIC que les diplômés du domaine Création de contenus multimédia. Ce dernier domaine inclut par exemple le graphisme et le journalisme.

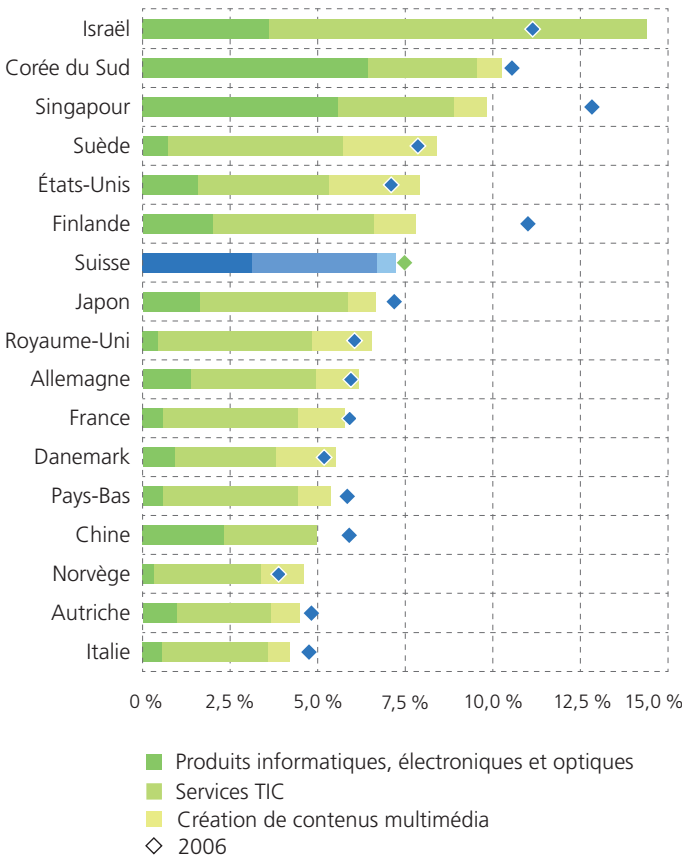
En Suisse, les étudiants de ces trois grands domaines précités représentent 13,6 % des diplômés du degré tertiaire (graphique B 8.14). Alors que la plupart des pays obtiennent des valeurs oscillant entre 14 % à 18 %, le Royaume-Uni présente un taux de 27,2 %, dont 10 % dans le domaine Création de contenus multimédia. L'Allemagne (4,5 %) et la Suisse (4,7 %) présentent les taux les plus faibles pour ce domaine.

L'OCDE propose d'intégrer à cette statistique le domaine des sciences de l'ingénierie, fabrication et construction. En Suisse, ce domaine représente 16 % des diplômés du degré tertiaire. En te-

nant compte de cette catégorie supplémentaire (graphique B 8.14, rectangle transparent), la Suisse comptabiliserait au total 29 % de diplômés du degré tertiaire ayant le potentiel de contribuer au développement de l'économie de l'information. Ce taux placerait la Suisse en huitième position, loin derrière les pays en tête de liste que sont l'Allemagne (41 %) et la Corée du Sud (40 %).

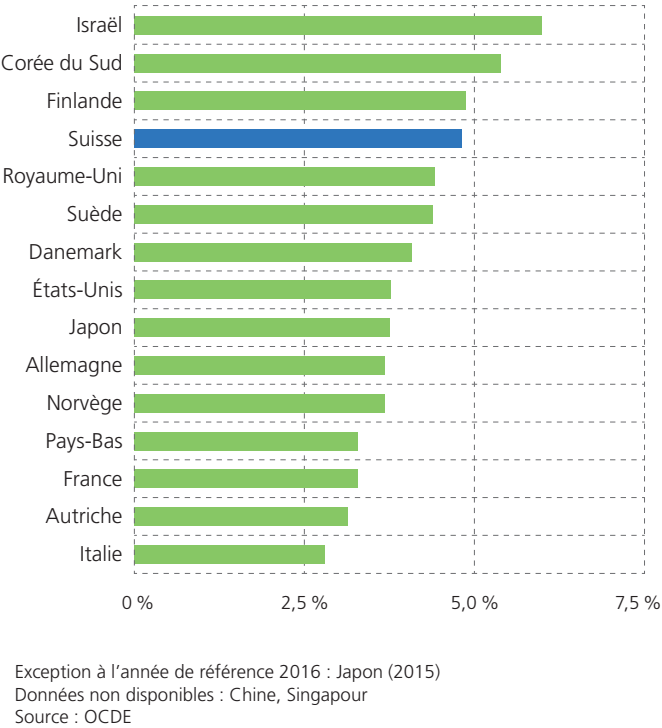
⁷ Grâce notamment à ses nombreux instruments législatifs comme le Computer Misuse Act et la présence d'institutions comme la National Crime Agency. Le NCSC Active Cyber Defence Programme permet également au gouvernement du Royaume-Uni de développer ses capacités en matière de surveillance et de gestion des attaques. Le Cyber Security Information Sharing Partnership, mis sur pied conjointement par l'industrie et le gouvernement, permet aussi l'échange en temps réel d'informations sur la cybersécurité. Le Royaume-Uni collabore également étroitement avec les European Cybercrime Centre et la Joint Cybercrime Action Taskforce d'Europol.

Graphique B 8.1 : Valeur ajoutée du secteur TIC en pourcentage de la valeur ajoutée totale, 2016

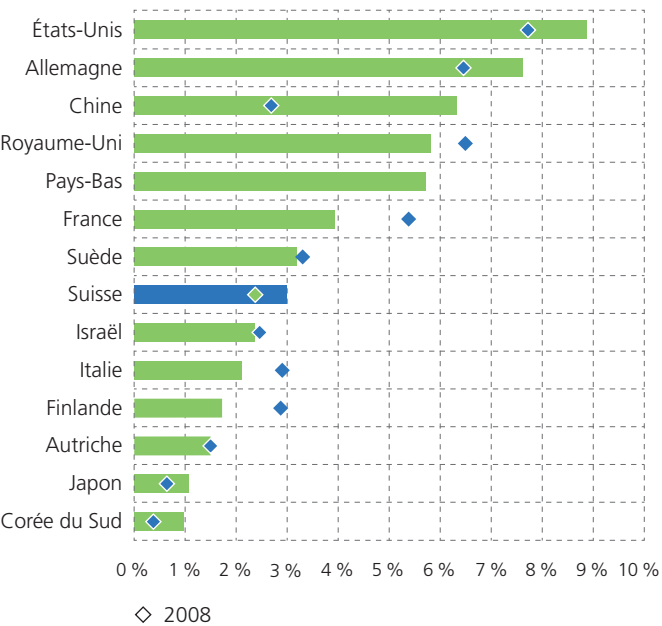


Données non disponibles pour la catégorie Création de contenus multimédia : Chine, Israël
Exceptions à l'année de référence 2016 : Chine (2015), Singapour (2014), Suède (2015)
Source : OCDE

Graphique B 8.2 : Emplois dans le secteur TIC en pourcentage de l'emploi total, 2016

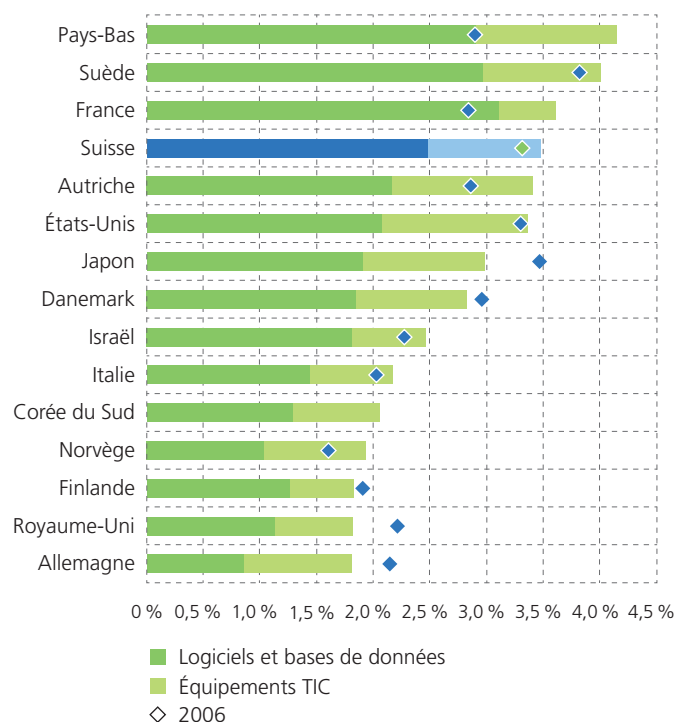


Graphique B 8.3 : Principaux exportateurs de services TIC en pourcentage du total des exportations mondiales de services TIC, 2017



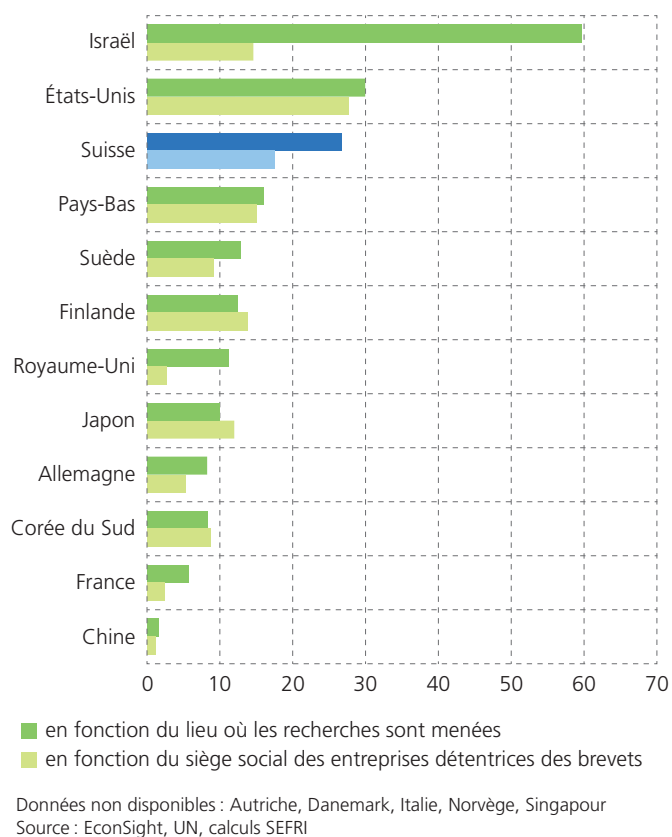
Données pour l'année de référence 2008 non disponibles : Pays-Bas
Source : OCDE

Graphique B 8.4 : Investissements dans les TIC en pourcentage du PIB par immobilisation, 2017



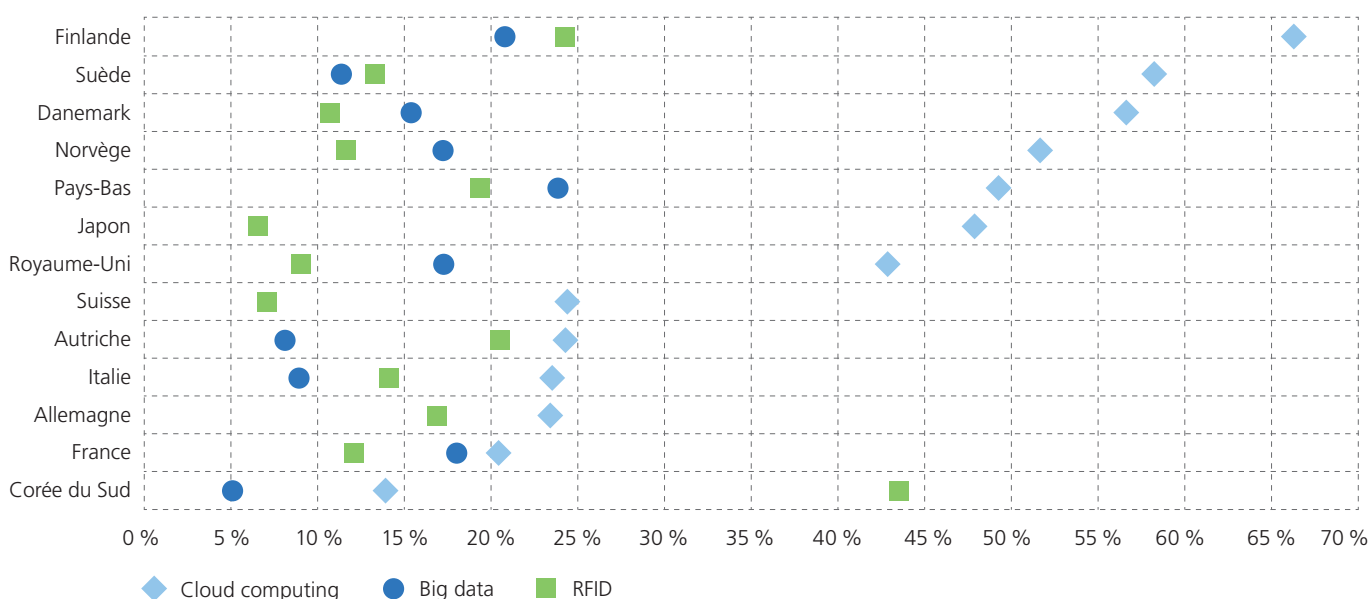
Données non disponibles : Chine, Singapour
Données 2008 non disponibles : Corée du Sud
Source : OCDE

Graphique B 8.6 : Nombre de brevets du top 10 % dans le domaine de l'intelligence artificielle, par million d'habitants, 2018



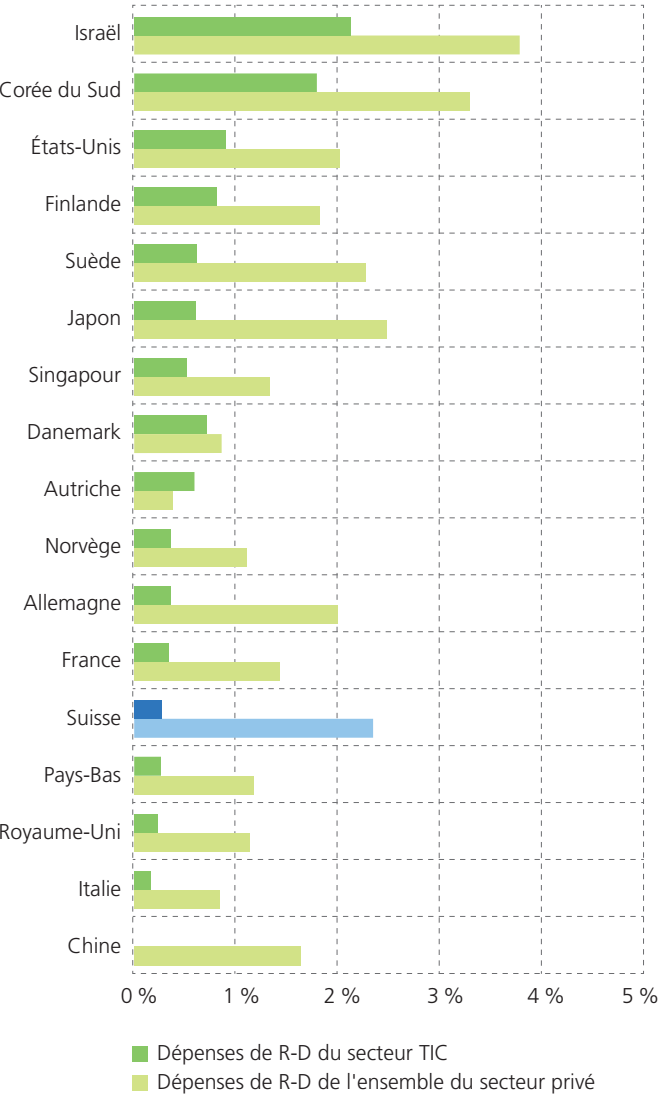
Données non disponibles : Autriche, Danemark, Italie, Norvège, Singapour
Source : EconSight, UN, calculs SEFRI

Graphique B 8.5 : Diffusion des technologies TIC dans les entreprises, en pourcentage des entreprises de dix employés ou plus, 2018



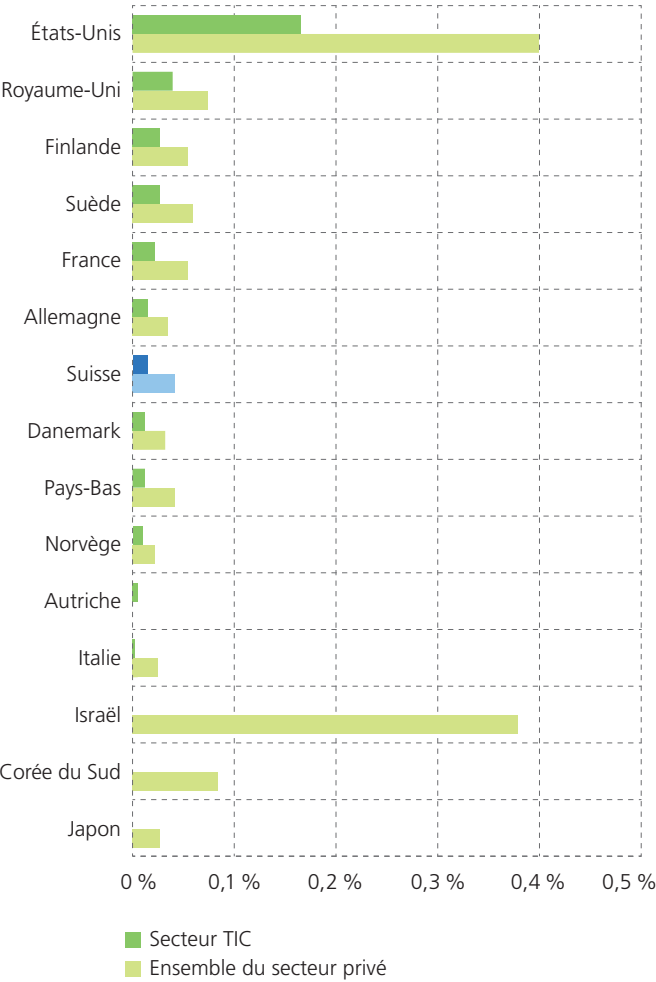
Pour la Suisse, les données se réfèrent aux entreprises comptant cinq salariés ou plus au lieu de dix salariés ou plus.
Exceptions à l'année de référence 2018 : Corée du Sud (2016), Japon (2016), Suisse (2015)
Données non disponibles : États-Unis, Chine, Israël, Singapour
Source : OCDE

Graphique B 8.7 : Dépenses de R-D du secteur TIC en pourcentage du PIB, 2016



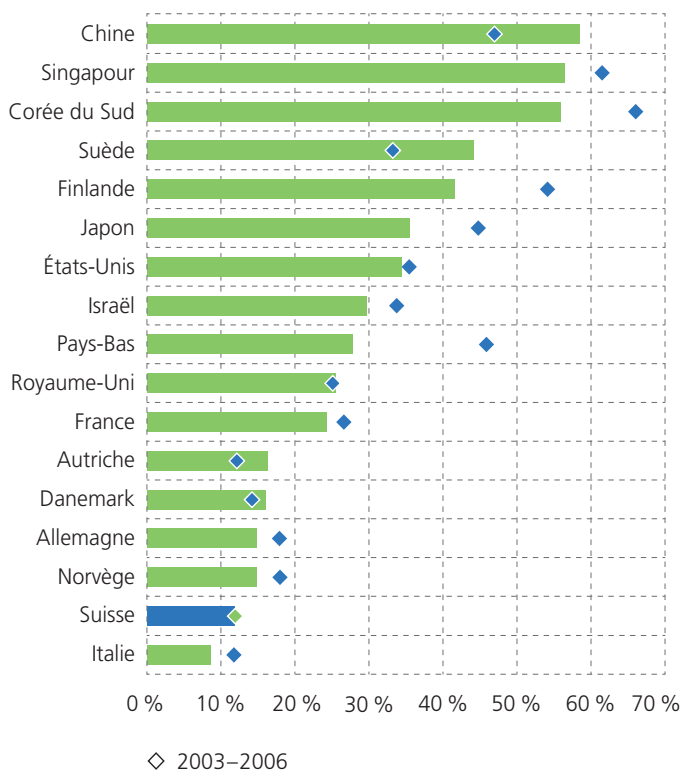
Exceptions à l'année de référence 2016 : Singapour (2014), Suisse (2017)
 Données pour le secteur TIC non disponibles : Chine
 Source : OCDE

Graphique B 8.8 : Investissements en capital-risque dans le secteur TIC en pourcentage du PIB, 2017



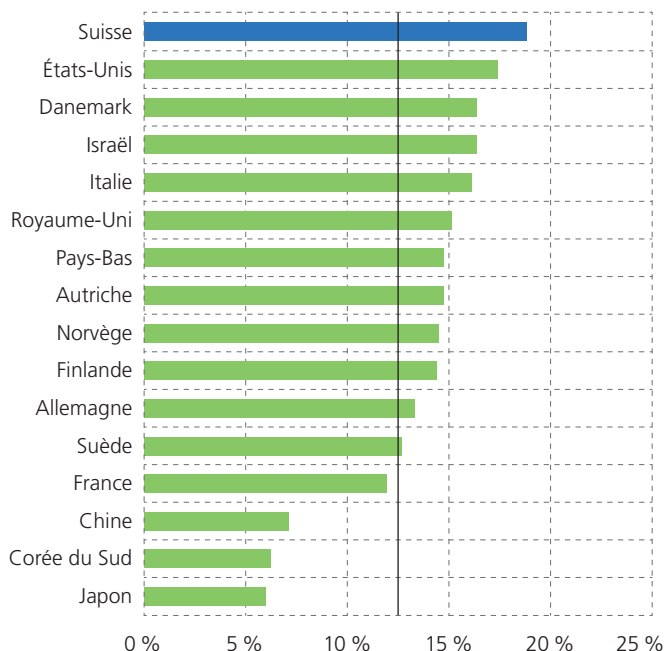
Exceptions à l'année de référence 2017 : Israël (2014), Japon (2016)
 Données non disponibles : Chine, Singapour
 Source : OCDE

Graphique B 8.9 : Demandes d'enregistrement de brevets dans les TIC en pourcentage du total des demandes, 2013–2016



Sur la base des familles de brevets IP5
Source : OCDE

Graphique B 8.10 : Pourcentage des publications en sciences informatiques parmi le top 10 % des publications les plus citées, 2016



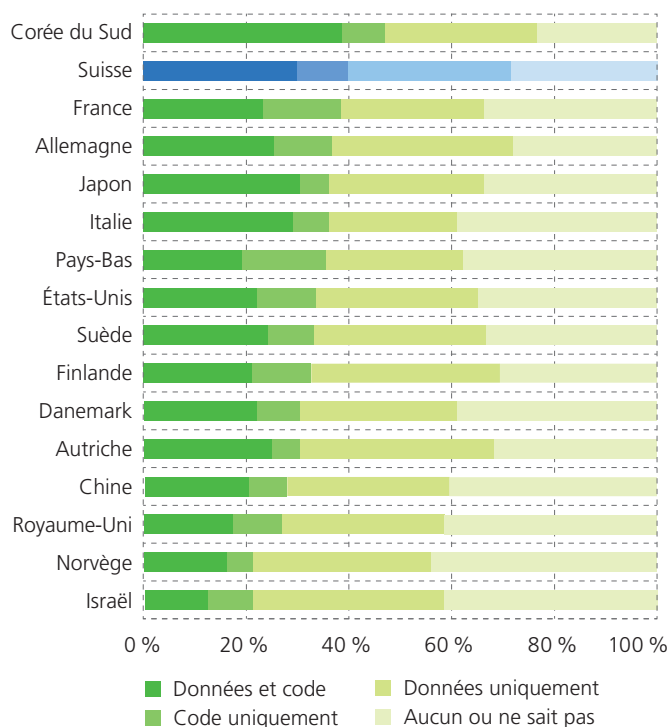
Ø UE-28 : 13%

Le domaine des sciences informatiques comprend les sous-domaines suivants : intelligence artificielle, théorie computationnelle et mathématiques, infographie, conception assistée par ordinateur, réseaux informatiques et communication, applications en sciences informatiques, vision par ordinateur et reconnaissance de modèles, hardware et architecture, interactions homme-machine, systèmes d'informations, traitement de signaux et logiciels.

Données non disponibles : Singapour

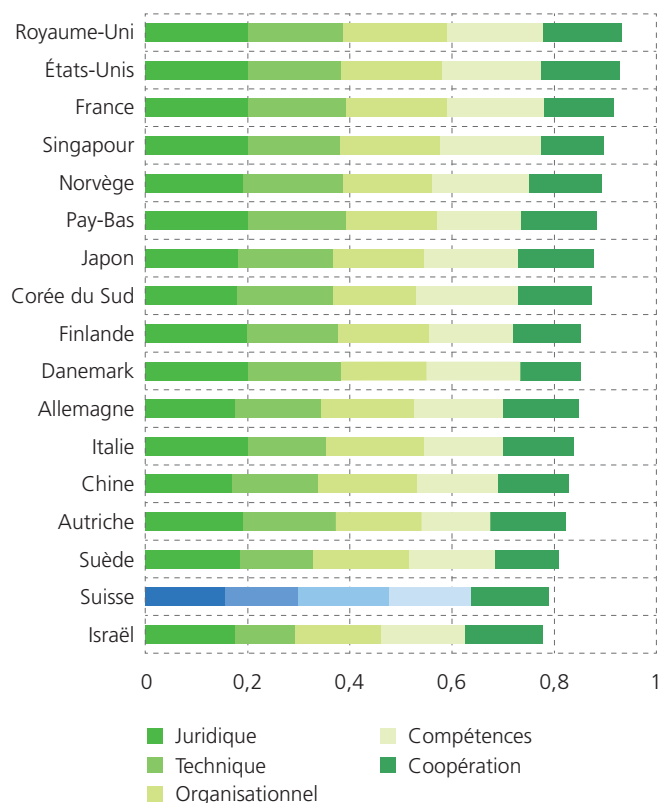
Source : OCDE

Graphique B 8.11 : Activité scientifique donnant lieu à de nouvelles données ou à de nouveaux codes, selon le pays de résidence du chercheur, 2017



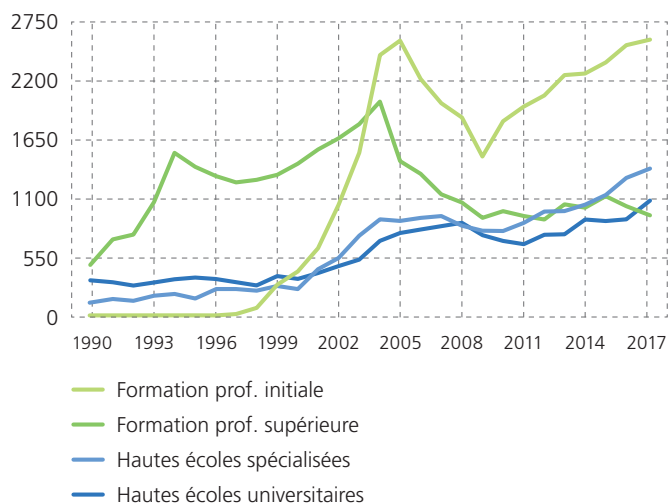
En pourcentage des réponses à l'enquête « International Survey of Scientific Authors » ISSA 2018, OCDE
Données non disponibles : Singapour
Source : OCDE

Graphique B 8.12 : Global Cybersecurity Index, 2018



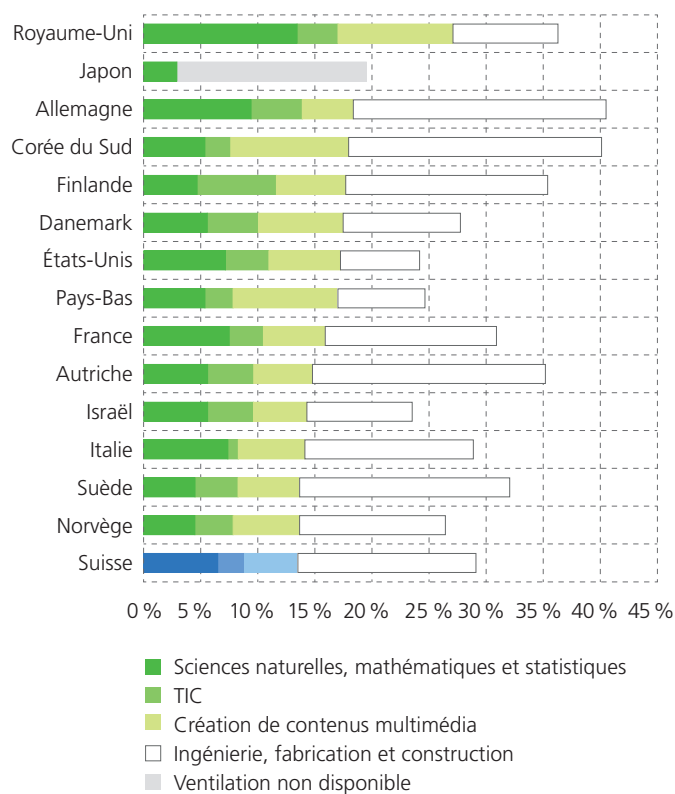
Source : UIT

Graphique B 8.13 : Évolution du nombre de diplômés du domaine TIC en Suisse, par type de formation, 1990-2017



Source : OFS

Graphique B 8.14 : Diplômés du degré tertiaire en sciences naturelles, TIC, création de contenus multimédia et ingénierie en pourcentage de l'ensemble des diplômés du degré tertiaire, 2016



Données non disponibles : Singapour
Source : OCDE

9 Transfert de savoir et de technologie

Le transfert de savoir et de technologie (TST) désigne le partage et l'échange de connaissances entre les instituts scientifiques (hautes écoles et instituts de recherche publics) et les entreprises privées. À l'interface de la recherche académique, de l'industrie et du marché, les activités de TST permettent de créer des réseaux de coopération propices au développement d'innovations. Le TST contribue dès lors non seulement à la valorisation économique du savoir scientifique, mais également à l'intégration de savoirs pratiques au sein de la recherche académique (voir partie C, études 4 et 5).

Compte tenu de la rareté de statistiques comparables au niveau international dans ce domaine, le présent chapitre propose essentiellement des indicateurs relatifs aux activités nationales de TST. Ces derniers sont obtenus grâce aux enquêtes sur les échanges de savoir et de technologie réalisées par le Centre de recherche conjoncturelle – KOF de l'EPF de Zurich (partie C, étude 4).

9.1 Participation des entreprises suisses au TST

De 2015 à 2017, un peu moins d'un quart (23,8 %) des entreprises suisses ont pris part à des activités de TST (tableau B 9.1). En observant une période plus longue (2012 à 2017) et en tenant compte des hautes écoles étrangères, ce taux se monte à 26,1 %. Depuis la dernière enquête de 2011 (toutes entreprises confondues) la fréquence des activités de TST augmente.

Ce sont les entreprises de l'industrie qui collaborent et échangent le plus avec les hautes écoles nationales et étrangères (40,3 %). Les entreprises du secteur des services le font presque deux fois moins (23,2 %). En 2011, ces taux étaient de 27,4 % pour l'industrie et de 28,5 % pour le secteur des services. Les entreprises de l'industrie ont alors fortement augmenté leurs activités de TST et largement dépassé celles du secteur des services qui, elles, observent une baisse depuis le relevé de 2011. Une importante intensification des activités de TST est également observée dans le secteur de la construction (4,4 % en 2011 pour 20,5 % en 2018) (tableau B 9.1).

Pour ce qui est des sous-secteurs, une entreprise des industries de haute technologie sur deux (50,4 %) indique prendre part à des activités de TST (tableau B 9.1). Pour les sous-secteurs des services modernes et des industries de faible technologie, plus d'un tiers des entreprises sondées indiquent collaborer avec des hautes écoles. Pour les entreprises des industries de faible technologie, ce taux a doublé depuis le relevé de 2011 (tableau B 9.1).

On observe une corrélation entre la taille de l'entreprise et l'intensité des activités de TST. Au cours de la période 2012–2017, 22,9 % des petites entreprises, 36,7 % des entreprises de taille moyenne et plus des deux tiers des grandes entreprises suisses

(67,4 %) ont indiqué échanger des connaissances avec des hautes écoles suisses et étrangères. Depuis 2011, ce taux se renforce de 8,1 points de pourcentage pour les grandes entreprises, de 5,8 points pour les petites mais diminue de 3 points pour les moyennes entreprises (tableau B 9.1).¹

9.2 Formes des activités de TST des entreprises suisses

En ce qui concerne la forme que prennent les activités de TST en Suisse, environ une entreprise active dans le TST sur deux (51,6 %) indique que les contacts informels² ainsi que les éléments regroupés sous la catégorie Formation et mobilité³ (49,7 %) font partie des formes les plus importantes de TST (tableau B 9.2).

Une proportion nettement plus faible (14,9 %) évoque considérer comme primordial l'établissement de relations concrètes avec les hautes écoles par le biais de contrats ou de consortiums de recherche, de prestations d'expertise et de conseil (13,7 %) ou encore d'utilisation directe d'infrastructures appartenant aux hautes écoles (13,2 %) (tableau B 9.2).

Lorsque l'on considère les périodes précédentes, on constate que les contacts informels et les éléments de la catégorie Formation et de mobilité ont toujours été les formes les plus importantes du TST en Suisse (tableau B 9.2).

9.3 Partenaires de TST des entreprises suisses

Au cours de la période 2012–2017, 64,8 % des entreprises actives dans le TST ont échangé des connaissances avec au moins un partenaire du domaine des EPF (tableau B 9.3). Depuis le dernier relevé 2005–2010, les hautes écoles spécialisées (HES) sont devenues le premier partenaire TST du secteur privé. En effet, 66,3 % des entreprises actives dans le TST ont indiqué collaborer avec au

¹ L'étude 4 de la partie C souligne que cette baisse des activités de TST observée chez certaines PME est en partie due à la baisse de leurs capacités d'absorption, c'est-à-dire, de leurs capacités de compréhension et d'application de la recherche menée au sein des hautes écoles. Cette évolution est liée à la diminution de la fréquence de leurs activités de R-D. Cette étude met donc en évidence une corrélation entre les dépenses de R-D et l'intensité des activités de TST et soutient que le TST ne peut déployer tout son potentiel et augmenter les performances d'innovation d'une entreprise que lorsque l'entreprise s'attèle en interne à développer ses propres capacités à mener des activités de R-D.

² Les contacts informels (p. ex. entretiens, téléphones, etc.) comprennent également la participation à des conférences et la consultation de publications scientifiques.

³ Par « formation et mobilité » on entend l'engagement de diplômés des hautes écoles, le contact des diplômés des hautes écoles avec leur institution antérieure, les stages, les projets de diplôme, les travaux de doctorat, les collaborations de chercheurs des hautes écoles avec les entreprises, l'organisation d'enseignements conjoints, la charge d'enseignement confiée à des collaborateurs de l'entreprise ainsi que les programmes de formation continue.

moins une HES. Les universités cantonales ne sont quant à elles mentionnées que dans un tiers des cas (33 %). Cette valeur plus faible s'explique par le fait qu'il existe moins de domaines de recherche appliquée au sein des universités.

9.4 Raisons incitant à prendre part au TST

Pour ce qui est des raisons qui poussent les entreprises suisses à prendre part à des activités de TST, la principale est de loin l'accès au capital humain, soit à des compétences spécifiques complémentaires à leur savoir-faire interne déjà présent (62,8 %) (tableau B 9.4). Elle est suivie de l'accès aux résultats de la recherche – raison qui progresse de 4,2 points de pourcentage – et des motifs financiers qui, eux, diminuent significativement depuis le relevé de 2005–2010. Les motifs d'ordre institutionnel et organisationnel sont aussi considérés comme importants, mais dans une moindre mesure.

9.5 Obstacles au TST des entreprises suisses

Les obstacles les plus fréquemment cités – toutes entreprises confondues (actives et inactives dans le TST) – relèvent de facteurs internes. 38,6 % des entreprises sondées indiquent que le manque d'intérêt et de ressources internes (personnel, équipement technique, etc.) les empêche de prendre part à des activités de TST (tableau B 9.5). 27,1 % indiquent que les hautes écoles manquent de personnel spécialisé dans le TST et d'esprit d'entreprise. Ces entreprises affirment également que l'orientation de la recherche menée au sein des HES ne correspond pas à leurs intérêts et que de telles collaborations mènent à des résultats difficilement commercialisables. 29,7 % des entreprises sondées indiquent par ailleurs que l'incertitude quant au succès économique, aux coûts et aux risques (manque de confidentialité et d'exclusivité) qu'engendrent de telles collaborations les retient de prendre part au TST (tableau B 9.5).

Pour l'ensemble des secteurs d'activités (industrie, construction et services), les prérequis manquants au sein de l'entreprise sont le principal obstacle au TST (tableau B 9.5). Les prestataires de services semblent être toutefois mieux dotés en ressources internes et trouvent plus facilement des partenaires adéquats pour mener des activités de TST que les entreprises de l'industrie (tableau B 9.5). Les facteurs externes (barrières institutionnelles et organisationnelles) ainsi que le manque d'information pour trouver le partenaire adéquat sont également considérés comme d'importantes barrières par l'ensemble des entreprises, mais dans une moindre mesure.

Le manque de ressources internes à l'entreprise constitue un frein au TST aussi bien pour les industries de basse que de haute technologie (tableau B 9.5). Pour les industries de haute technologie, ce sont surtout les risques liés à la confidentialité, à l'exclusivité, aux garanties de réussite et à de potentiels coûts élevés qui les retiennent le plus à prendre part à des activités de TST.

Alors que les PME relèvent le manque de ressources internes comme premier obstacle au TST, les grandes entreprises estiment que ce sont surtout du côté des hautes écoles que les prérequis manquent. Elles estiment également que les coûts et les risques qu'engendrent de telles collaborations les freinent à prendre part aux activités de TST (tableau B 9.5).

Par rapport à la période 2005–2010 et les périodes précédant 2005, les prérequis des entreprises – toutes entreprises confondues – et des hautes écoles pour prendre part à des activités de TST s'améliorent (tableau B 9.5).

9.6 Coopération entre entreprises innovantes et hautes écoles

L'enquête communautaire sur les activités d'innovation des entreprises (ECI) de la Commission européenne permet de mesurer la collaboration des entreprises innovantes avec des hautes écoles. Au niveau européen, les activités d'innovation sont mesurées au sens large tandis que le relevé suisse ne se concentre que sur les activités de R-D.⁴ Par conséquent, la Suisse présente sur cet indicateur des valeurs nettement plus faibles.

Toutefois, avec 11 % des entreprises innovantes collaborant avec des universités ou des hautes écoles (uniquement pour des activités de R-D), la Suisse se place tout de même devant les Pays-Bas (9 %) et l'Italie (6 %) (graphique B 9.6). Au niveau européen, ce sont les entreprises innovantes du Royaume-Uni (27 %), de la Finlande (23 %) et de l'Autriche (23 %) qui collaborent le plus avec les universités et les hautes écoles, le reste des pays se tenant entre des valeurs de 13 % et 16 %.

Cette part marque une progression constante en Suisse depuis la période 2008–2010 (graphique B 9.6).

⁴ Au sens large, les activités d'innovation de l'ECI comprennent non seulement les activités de R-D de l'entreprise et les activités de R-D sous-traitées, mais aussi l'acquisition de machines, d'équipements, de logiciels et de bâtiments destinés au développement d'innovations; l'acquisition de savoir-faire et d'inventions protégées par des droits d'auteur; les formations internes ou externes spécifiquement orientées pour le développement et/ou l'introduction d'innovations, les activités internes ou sous-traitées d'introduction sur le marché d'innovations (y compris les études de marché et la publicité), les activités internes ou sous-traitées de design (modification de la forme, de l'apparence) ainsi que toute autre activité interne ou sous-traitée pour la mise en œuvre d'innovations comme les études de faisabilité.

Tableau B 9.1 : Fréquence du transfert de savoir et de technologie en Suisse

en % des entreprises	enquête 2005		enquête 2011		enquête 2018	
	avant 2005 hautes écoles suisses et étrangères	2002–2004 hautes écoles suisses	2005–2010 hautes écoles suisses et étrangères	2008–2010 hautes écoles suisses	2012–2017 hautes écoles suisses et étrangères	2015–2017 hautes écoles suisses
Secteur						
Industrie	27,1	21,7	27,4	24,5	40,3	37,2
Construction	14,2	10,1	4,4	4,3	20,5	18,2
Services	35,1	29,1	28,5	26,7	23,2	21,0
Sous-secteur						
Industrie de haute technologie	37,0	29,5	48,6	45,0	50,4	46,1
Industrie de faible technologie	22,8	18,2	17,3	14,7	35,9	33,3
Services modernes	34,4	28,2	36,6	35,2	36,4	33,9
Services traditionnels	35,9	30,2	15,1	12,8	13,8	11,9
Taille						
Petites (< 50 employés)	25,1	19,4	17,1	16,2	22,9	20,9
Moyennes (50-249 employés)	37,7	33,7	39,7	34,7	36,7	32,4
Grandes (>= 250 employés)	47,1	44,9	59,3	57,4	67,4	66,5
Total*	27,6	22,2	22,9	21,1	26,1	23,8

Industrie de haute technologie : chimie, pharmacie, machines, électrotechnique, électronique, instruments, technique médicale, horlogerie, automobile

Industrie de faible technologie : alimentation, textile, habillement, bois, papier, imprimerie, plastique, pierre et terre, fabrication de métaux, produits métalliques, réparation, énergie, eau, environnement, autres industries

Services modernes : télécommunication, médias, technologies de l'information, banque, assurance, services techniques aux entreprises et R-D, services non techniques aux entreprises

Services traditionnels : commerce de gros, commerce de détail, hôtels et restaurants, transport et logistique, immobilier, location, services personnels

*Total = toutes les entreprises confondues

Source : KOF

Tableau B 9.2 : Formes des activités de transfert de savoir et de technologie en Suisse

en % des entreprises actives dans le TST	avant 2005	2005–2010	2012–2017
Contacts informels	56,9	63,0	51,6
Infrastructure	12,5	15,2	13,2
Formation et mobilité	52,6	60,0	49,7
Recherche	17,7	18,2	14,9
Conseil	15,2	16,0	13,7

Part des entreprises actives dans le TST attribuant la valeur de 4 ou 5 (grande ou très grande importance) sur une échelle de 1 à 5 aux formes de TST énumérées.

Source : KOF

Tableau B 9.3 : Partenaires du transfert de savoir et de technologie en Suisse

en % des entreprises actives dans le TST	avant 2005	2005–2010	2012–2017
Domaine des EPF	62,3	72,6	64,8
Universités cantonales	41,2	42,8	33,0
Hautes écoles spécialisées	60,8	71,0	66,3

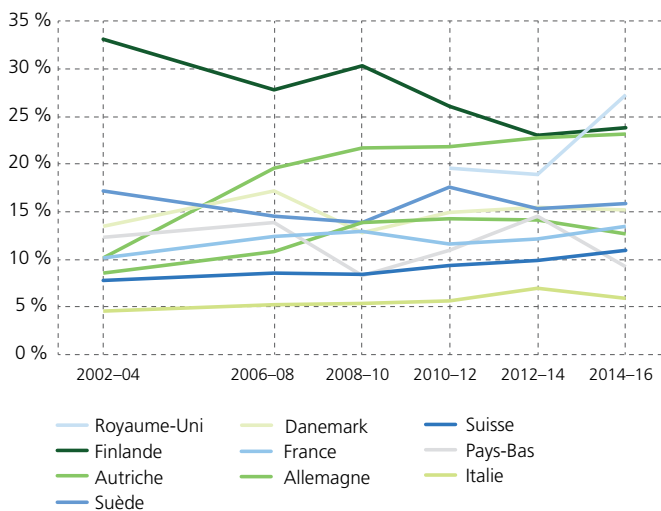
Domaine des EPF : EPF Lausanne, EPF Zurich, PSI, WSL, Empa, Eawag
Part des entreprises actives dans le TST qui ont effectué un transfert de connaissances avec au moins une institution du secteur concerné.

Source : KOF

Tableau B 9.4: Raisons incitant à prendre part au transfert de savoir et de technologie en Suisse

en % des entreprises actives dans le TST	avant 2005	2005–2010	2012–2017
Accès au capital humain	65,8	65,5	62,8
Accès aux résultats de la recherche	29,0	29,8	34,0
Motifs financiers	41,3	33,8	26,3
Motifs institutionnels ou organisationnels	18,0	22,0	19,4

Part des entreprises actives dans le TST attribuant un score de 4 ou 5 (important ou très important) sur une échelle de 1 à 5 pour les motifs énoncés.
Source : KOF

Graphique B 9.6 : Part des entreprises innovantes coopérant avec des universités ou des hautes écoles dans l'ensemble des entreprises innovantes, 2002–2016

Sur la base des entreprises innovantes (produits et/ou procédés) de 10 employés ou plus
Les données Eurostat concernent les activités d'innovation au sens large, celles pour la Suisse se concentrent uniquement sur les activités de R-D.
Les données Eurostat ne sont disponibles que pour les pays de référence européens.
Source : Eurostat, KOF

Tableau B 9.5: Obstacles au transfert de savoir et de technologie en Suisse, 2018

en % des entreprises	Prérequis manquants du côté de...		Coûts, risques et incertitudes	Information insuffisante	Obstacles organisationnels et institutionnels
	l'entreprise	la haute école			
Secteur					
Industrie	44,2	33,8	39,9	25,5	30,7
Construction	43,6	36,7	35,5	14,4	24,0
Services	35,8	23,0	25,3	13,9	15,7
Sous-secteur					
Industrie de haute technologie	41,4	33,7	47,7	25,2	33,3
Industrie de faible technologie	45,4	33,9	36,6	25,7	29,6
Services modernes	38,4	28,4	29,5	18,7	20,5
Services traditionnels	33,9	19,1	22,3	10,5	12,3
Taille					
Petites (< 50 employés)	37,5	26,1	28,9	14,5	19,2
Moyennes (50-249 employés)	45,3	30,5	31,8	23,0	22,5
Grandes (>= 250 employés)	29,3	39,9	43,0	31,1	24,8
Total* 2012–2017	38,6	27,1	29,7	16,3	19,9
Total* 2005–2010	49,0	35,7	36,8	18,9	23,0
Total* avant 2005	49,2	42,0	42,4	24,1	24,5

Part des entreprises (actives et inactives dans le TST) attribuant une valeur de 4 ou 5 (important ou très important) sur une échelle de 1 à 5 pour les catégories d'obstacles énumérées

*Total = toutes les entreprises confondues

Source : KOF

10 Entrepreneuriat

Les jeunes entreprises proposent des produits nouveaux ou améliorés et apportent un soutien spécifique aux entreprises établies. Elles augmentent de manière générale les capacités de production d'un pays, génèrent une intensification de la concurrence et créent de nouveaux emplois.

Certaines de ces jeunes entreprises exploitent des méthodes scientifiques et technologiques hautement spécialisées afin de proposer des produits et des procédés innovants. Leurs plans de croissance sont ambitieux, ce qui leur permet d'attirer d'importants volumes de capitaux domestiques et étrangers.

Les indicateurs présentés dans ce chapitre tentent de saisir si les conditions sont réunies en Suisse pour permettre le développement de ces jeunes pousses. De manière générale, il ressort que bien que presque la moitié de la population active en Suisse dit percevoir des opportunités entrepreneuriales, moins de 10 % songe concrètement à fonder une entreprise. Une grande majorité exprime ne pas avoir les compétences requises pour le faire. Comme dans d'autres pays, la peur de l'échec est aussi relativement élevée en Suisse. De plus, l'entrepreneuriat est moins considéré comme un bon choix de carrière en Suisse que dans les pays de référence. Hormis l'accès aux ressources financières, les conditions-cadres en Suisse sont favorables à la création de jeunes entreprises.

10.1 Activités de création d'entreprises

Selon le Global Entrepreneurship Monitor 2018/2019 (GEM),¹ 7,4 % des personnes actives en Suisse (18–64 ans) se sont lancées dans des activités entrepreneuriales en 2018 (graphique B 10.1).² C'est aux États-Unis (15,6 %), en Corée du Sud (14,7 %) et en Israël (12,8 %) que la population est la plus entreprenante. La Suisse se classe mieux que ses pays voisins : la France, l'Allemagne et l'Italie.

Depuis 2016, le taux d'activités entrepreneuriales est en hausse en Autriche, aux Pays-Bas, en Israël, aux États-Unis et surtout en Corée du Sud. La Suisse, en revanche, connaît un recul (graphique B 10.1).

Taux de création d'entreprises par groupes d'âge

En Suisse, ce sont surtout les 25–34 ans (10,5 %) et les 45–54 ans (9,6 %) qui sont les plus susceptibles de se lancer dans un projet d'entreprise. Pour ces deux groupes d'âge, la Suisse se situe au milieu des pays de référence (graphique B 10.2).

¹ En Suisse, cette enquête est menée conjointement par la Haute école de gestion de Fribourg et la SUPSI auprès de 2448 personnes. 36 interviews d'experts viennent consolider les résultats de l'enquête. Pour plus de détails voir : « Global Entrepreneurship Monitor 2018/2019, Report on Switzerland ».

² Depuis 2013, 39 600 entreprises sont créées en moyenne chaque année en Suisse, dont près de 38 800 emploient moins de cinq personnes. Environ 90 % de ces entreprises opèrent dans le secteur tertiaire (OFS, 2018a).

Taux de création d'entreprises par des femmes

Dans la plupart des pays pris en considération, le nombre de femmes engagées dans des activités entrepreneuriales est inférieur à celui des hommes. En Suisse, 4,7 % des femmes de 18 à 64 ans ont récemment fondé ou gèrent une nouvelle entreprise en 2018 alors que c'est le cas de 10 % des hommes pour cette même tranche d'âge (graphique B 10.3).

Alors qu'en Suisse, le rapport est de deux entrepreneurs pour une entrepreneuse, en Chine, aux États-Unis, en France et en Corée du Sud, ce ratio est légèrement plus équilibré (1,2 à 1,4 entrepreneur pour une entrepreneuse).

10.2 Attitudes entrepreneuriales

Le Global Entrepreneurship Monitor mesure également au sein des pays si les qualités personnelles sont présentes pour la création d'entreprises et quelles sont les valeurs sociales exprimées envers l'entrepreneuriat. Lorsque l'on compare les valeurs de différents pays, il est important de replacer les données dans leur contexte. Les différences culturelles et les cycles économiques en particulier ont une influence importante sur la perception exprimée.

Attributs individuels

En 2018, 46 % de la population active (18–64 ans) en Suisse perçoit dans sa proximité immédiate une opportunité de créer une entreprise. Ce taux est supérieur à ceux de six pays de référence mais bien inférieur à ceux de la Suède (82 %), des États-Unis (70 %) et des Pays-Bas (67 %) (tableau B 10.4).

En Suisse, plus d'un tiers de la population active estime posséder les compétences, les connaissances et l'expérience requise pour créer une entreprise. Ce taux figure parmi les plus bas des pays de référence. Aux États-Unis, plus d'une personne active sur deux estime avoir les compétences nécessaires pour fonder une entreprise (tableau B 10.4).

En Suisse, près de 40 % des personnes actives qui perçoivent une opportunité de créer une entreprise indiquent avoir peur de l'échec. En Corée du Sud, seul un tiers des individus sont dans ce cas. A contrario, en Italie, plus d'un individu sur deux indique avoir peur que son projet se solde par un échec.

Environ 7 % des personnes actives en Suisse songent à fonder une entreprise dans les trois années à venir. Ces ambitions entrepreneuriales sont bien inférieures à celles que l'on observe en Corée du Sud (31 %), en France (19 %) et en Chine (15 %) (tableau B 10.4).

Valeurs sociales

La création d'une entreprise comme choix de carrière est bien moins considérée en Suisse qu'au sein des autres économies basées sur l'innovation : moins d'une personne active sur deux y estime que créer son entreprise constitue un bon choix de carrière. A contrario, 82 % de la population active aux Pays-Bas, 66 % en Israël et 64 % en Italie estime que fonder une entreprise est une voie à suivre (tableau B 10.4).

En Suisse, plus de deux tiers de la population active considèrent que les entrepreneurs prospères jouissent d'un statut social élevé. Bien que cette valeur soit élevée dans l'ensemble des pays de référence, les entrepreneurs établis bénéficient d'une reconnaissance sociale relativement élevée en Israël (85 %), aux États-Unis (79 %) et au Royaume-Uni (76 %) (tableau B 10.4).

10.3 Conditions-cadres

Le Global Entrepreneurship Monitor propose la comparaison entre les pays sur les conditions-cadres essentielles au développement de jeunes entreprises. Cette comparaison est basée sur une consultation d'experts (tableau B 10.5).³

Selon le groupe d'experts, en Suisse, les conditions juridiques (absence de barrières) pour entrer sur le marché sont favorables aux nouvelles PME. De plus, ces entreprises s'établissent au sein de marchés stables et ouverts. Elles bénéficient également d'un bon accès aux infrastructures physiques (p. ex. systèmes de transport) ainsi qu'à des services légaux, de conseils, de comptabilité et de couverture de la propriété intellectuelle de qualité. De plus, le groupe d'experts estime que les jeunes PME évoluent en Suisse au sein de régimes fiscaux, administratifs et de législations sur la sécurité sociale relativement favorables (tableau B 10.5).

En Suisse, les entreprises, et en particulier les entreprises nouvellement créées, ne reçoivent aucune aide directe du secteur public. Toutefois, le groupe d'experts souligne que les entreprises en phase de démarrage peuvent recourir à des programmes de soutien nationaux et régionaux développés (tableau B 10.5).

Le groupe d'experts estime en revanche qu'un potentiel d'amélioration existe entre autres dans l'accès aux ressources financières pour le développement de nouvelles entreprises. À cet égard, l'indice GEM place la Suisse au dernier rang des pays de comparaison (tableau B 10.5).

10.4 Accès aux ressources financières

L'accès limité au crédit pour les entreprises suisses est également confirmé par l'étude « Doing Business » de la Banque mondiale. Aux États-Unis, au Royaume-Uni et à Singapour, il est relativement plus facile pour les entreprises d'obtenir un crédit (graphique B 10.6).

En phase de démarrage, les jeunes entreprises innovantes du monde entier sont de plus en plus soutenues par des capitaux provenant de réseaux d'investisseurs prêts à partager le risque d'échec et de réussite d'un projet. Les investisseurs en capital-risque (venture capitalists) apportent ainsi non seulement du capital, mais aussi leur réseau et leur expérience à la création et au développement des premières phases d'une jeune entreprise innovante.

En 2017, la part des investissements de capital-risque rapportée au PIB se situe entre 0,03 % et 0,08 % dans la plupart des pays de comparaison (graphique B 10.7). Avec une part de 0,4 % du PIB, les États-Unis caracolent en tête, suivis par Israël (0,38 % du PIB). La Suisse présente un taux de 0,043 % du PIB, dont trois quarts sont investis en phase d'amorçage (graphique B 10.7).

³ Ce groupe de 36 d'experts est composé entre autres d'entrepreneurs, de responsables publiques (promotion économique et éducation) ainsi que de responsables d'agences de financement. Ces derniers ont attribué aux indicateurs individuels une valeur de 1 si la condition-cadre pertinente est sous-développée/de mauvaise qualité et une valeur de 9 si la condition-cadre est largement développée/de très bonne qualité.

Marché du capital-risque en Suisse

En 2018, 1,24 milliard de francs suisses ont été placés par des investisseurs nationaux et étrangers dans des start-up suisses (Heimann et al., 2019). Par rapport à 2017 (938 millions de francs), il s'agit d'une progression de 31,8 %.

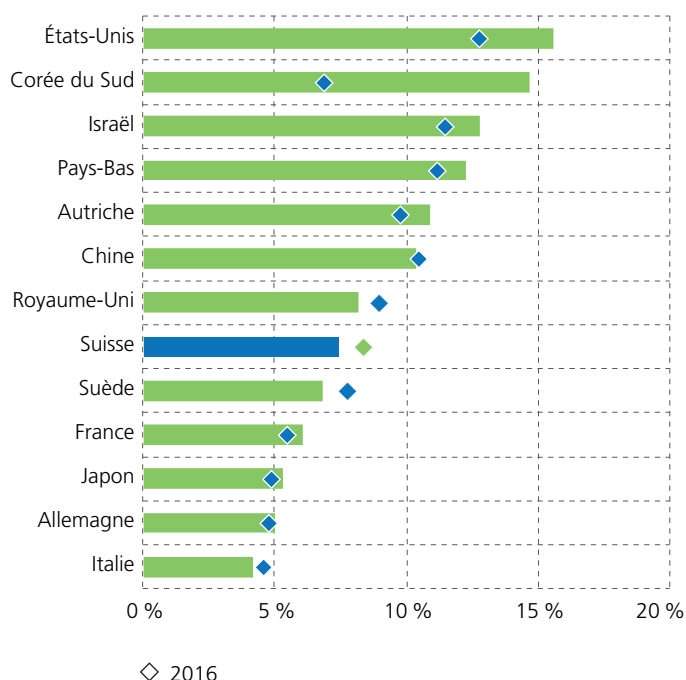
C'est dans le domaine des TIC que les investissements en capital-risque sont les plus élevés (685 millions de francs). Ces derniers ont plus que doublé depuis 2017 (croissance de 123,6 %). Dans les biotechnologies, ces investissements ont chuté de 43 % depuis 2017 pour atteindre 252,6 millions de francs en 2018. Dans le secteur de la medtech, ils ont progressé de 41,9 % depuis 2017 et se montent à 122,9 millions en 2018.

En 2018, les cantons de Zurich (515,2 millions de francs, dont 248,3 dans les TIC), Vaud (267,5 millions de francs, dont 137,6 dans les TIC), Zoug (171,8 millions de francs, dont 103,1 dans la FinTech), Bâle-Ville (142,1 millions de francs, dont 123,2 dans la biotech) et Genève (71,1 millions de francs, dont 24,2 dans la biotech) connaissent les investissements les plus élevés.

Depuis 2013, les études du Swiss Venture Capital Report soulignent que le canton de Vaud est leader en matière de capital-risque (total de 1,49 milliard de francs investis) devant les cantons de Zurich (1,31 milliard de francs) et Bâle-Ville (485,4 millions de francs).

Le nombre de levées de fonds par année est aussi en constante progression en Suisse : 151 en 2016, 175 en 2017, et 230 en 2018, ce qui souligne la maturité croissante de cet écosystème. De plus, en 2018, le top 20 des plus importants tours de financements représentait 56 % du volume total des capitaux investis.⁴ Ce taux était de 82 % en 2012. Cette baisse significative souligne que les investissements réalisés uniquement dans de grands projets diminuent et que de plus en plus de petites sommes sont investies dans plusieurs projets (Heimann et al., 2019).

Graphique B 10.1 : Taux de création d'entreprises, 2018



Part des 18 à 64 ans ayant lancé ou gérant une nouvelle entreprise (ayant de 3 à 42 mois d'existence) en 2018.

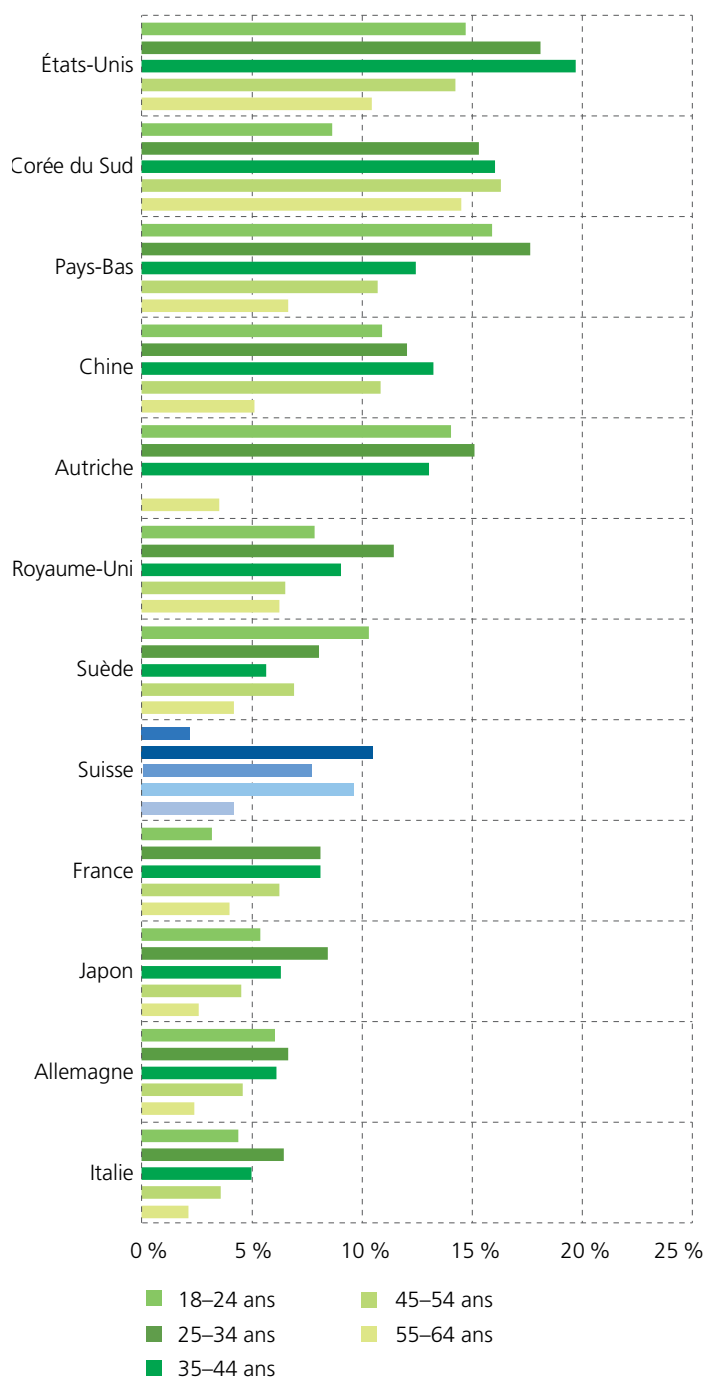
Exception à l'année de référence 2018 : Israël (2017)

Exception à l'année de référence 2016 : Japon (2017)

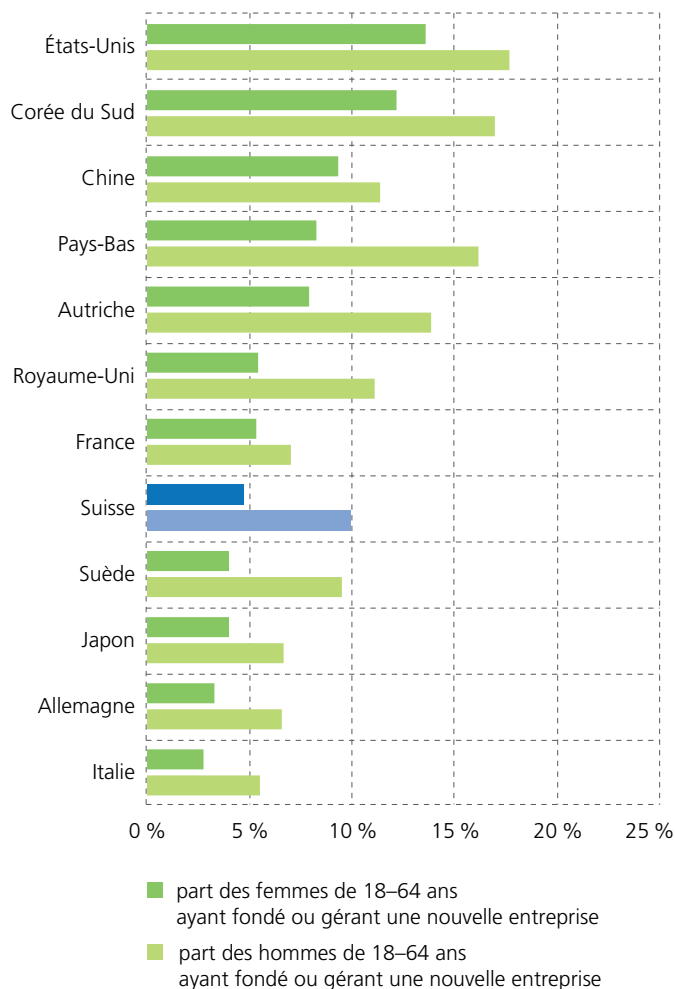
Données non disponibles : Danemark, Finlande, Norvège, Singapour

Source : GEM

⁴ Un tour de financement achevé conduit à une augmentation du capital de l'entreprise.

Graphique B 10.2 : Taux de création de nouvelles entreprises, par groupes d'âges, 2018

Données pour la tranche d'âge 45-54 ans non disponibles : Autriche
 Données non disponibles : Danemark, Finlande, Israël, Norvège, Singapour
 Source : GEM

Graphique B 10.3 : Part des femmes ayant fondé ou gérant une nouvelle entreprise, 2018

Nouvelle entreprise : 3 à 42 mois d'existence
 Données non disponibles : Danemark, Finlande, Israël, Norvège, Singapour
 Source : GEM

Tableau B 10.4: Attributs individuels et valeurs sociales exprimées envers l'entrepreneuriat, 2018

Attributs individuels

Opportunités perçues		Compétences perçues		Peur de l'échec		Ambitions entrepreneuriales	
Suède	82	États-Unis	56	Corée du Sud	33	Corée du Sud	31
États-Unis	70	Corée du Sud	50	Pays-Bas	35	France	19
Pays-Bas	67	Autriche	48	Allemagne	35	Chine	15
Israël	56	Royaume-Uni	47	États-Unis	35	États-Unis	12
Autriche	47	Pays-Bas	46	Autriche	37	Autriche	12
Corée du Sud	46	Israël	42	France	37	Suède	10
Suisse	46	Suède	38	Suède	37	Italie	9
Royaume-Uni	44	Allemagne	38	Royaume-Uni	38	Pays-Bas	8
Allemagne	42	France	38	Suisse	40	Royaume-Uni	7
Chine	35	Suisse	36	Chine	42	Suisse	7
France	35	Italie	30	Japon	46	Allemagne	6
Italie	35	Chine	24	Israël	48	Japon	5
Japon	8	Japon	10	Italie	52	Israël	–

Valeurs sociales

Entrepreneuriat en tant que bon choix de carrière		Statut social élevé des entrepreneurs	
Pays-Bas	82	Israël	85
Israël	66	États-Unis	79
Italie	64	Royaume-Uni	76
États-Unis	63	Autriche	75
Chine	61	Allemagne	75
France	58	Italie	75
Royaume-Uni	56	Suède	72
Corée du Sud	53	France	72
Autriche	50	Corée du Sud	70
Allemagne	50	Suisse	70
Suède	49	Chine	69
Suisse	47	Pays-Bas	63
Japon	23	Japon	52

En pourcentage des avis exprimés par les 18-64 ans
Données non disponibles : Danemark, Finlande, Norvège, Singapour
Source : GEM

Tableau B 10.5: Conditions cadres pour l'entrepreneuriat, 2018

Absence de barrières juridiques à l'entrée sur le marché		Ouverture et stabilité des marchés (score inversé)		Accès aux infrastructures et services physiques		Accès aux services légaux et commerciaux	
Pays-Bas	5,9	France	4,3	Suisse	7,9	Pays-Bas	6,1
Autriche	5,7	Suisse	4,5	Pays-Bas	7,7	Autriche	6,1
Allemagne	5,1	Autriche	4,5	France	7,7	États-Unis	5,9
Suède	4,9	Israël	4,7	Autriche	7,6	Suisse	5,8
Suisse	4,8	Royaume-Uni	4,9	Chine	7,4	Allemagne	5,7
États-Unis	4,7	Italie	5,0	Japon	7,3	Israël	5,7
Ø GEM-13	4,6	Allemagne	5,1	Suède	7,2	France	5,3
Japon	4,5	Pays-Bas	5,3	États-Unis	7,1	Ø GEM-13	5,2
Royaume-Uni	4,4	Ø GEM-13	5,4	Israël	6,9	Royaume-Uni	5,2
Chine	4,4	États-Unis	5,5	Ø GEM-13	6,9	Suède	5,0
Italie	4,3	Suède	5,8	Corée du Sud	6,7	Japon	4,4
France	3,9	Chine	6,7	Allemagne	6,1	Italie	4,3
Corée du Sud	3,8	Japon	7,0	Royaume-Uni	5,6	Corée du Sud	4,3
Israël	3,7	Corée du Sud	7,2	Italie	5,0	Chine	4,2

Fiscalité, bureaucratie, régulation du marché du travail et législation sur la sécurité sociale		Priorité des politiques publiques gouvernementales		Programmes nationaux et régionaux de soutien aux jeunes entreprises		Environnement financier	
Pays-Bas	5,4	Corée du Sud	6,1	Autriche	6,2	États-Unis	6,0
France	5,3	France	5,9	Allemagne	5,8	Pays-Bas	5,9
Royaume-Uni	4,9	Pays-Bas	5,4	Pays-Bas	5,7	Israël	5,3
Suisse	4,8	Japon	5,4	Suisse	5,7	Autriche	5,0
États-Unis	4,7	Chine	4,8	France	5,6	Royaume-Uni	5,0
Chine	4,6	Autriche	4,7	Corée du Sud	5,2	Ø GEM-13	5,0
Corée du Sud	4,5	Ø GEM-13	4,6	Ø GEM-13	4,9	Japon	5,0
Allemagne	4,3	Suisse	4,6	Suède	4,8	Suède	4,8
Ø GEM-13	4,3	Allemagne	4,3	Chine	4,5	Allemagne	4,8
Japon	4,0	États-Unis	4,2	Japon	4,4	France	4,7
Autriche	4,0	Italie	4,0	États-Unis	4,4	Corée du Sud	4,7
Suède	3,7	Suède	4,0	Royaume-Uni	4,0	Italie	4,6
Italie	3,1	Israël	3,7	Israël	4,0	Chine	4,6
Israël	2,6	Royaume-Uni	3,4	Italie	3,9	Suisse	4,6

Indices mesurés sur la base des réponses formulées par les experts consultés

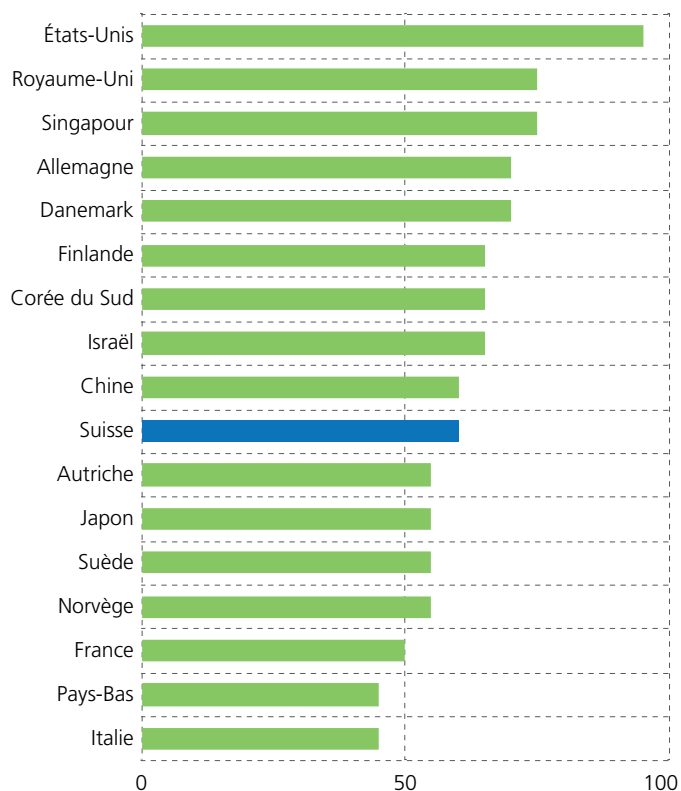
Un score de 1 indique une condition cadre très sous-développée et un score de 9 une condition cadre très développée.

Ø GEM-13: moyenne des pays de référence interrogés dans l'enquête GEM 2018/2019

Données non disponibles: Danemark, Finlande, Norvège, Singapour

Source: GEM

Graphique B 10.6 : Facilité à obtenir un crédit, 2018

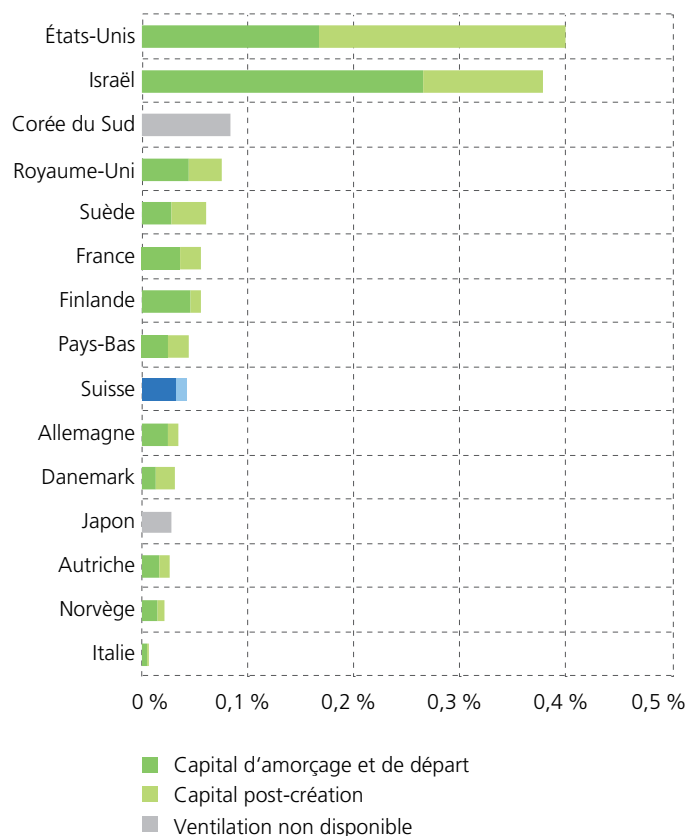


0 : accès au crédit très difficile
100 : accès au crédit très facile

Cet indicateur se fonde sur deux indices : le premier, l'indice de fiabilité des garanties, étudie si certaines mesures facilitant les prêts existent au sein des lois applicables sur le nantissement et la faillite et, le second, l'indice sur la profondeur de l'information sur la dette, évalue les règles et pratiques qui affectent la couverture, l'accessibilité et la qualité de l'information sur le crédit disponible auprès des bureaux et des registres de crédit.

Source : Banque Mondiale

Graphique B 10.7 : Investissements en capital-risque en pourcentage du PIB, 2017



Exceptions à l'année de référence 2017 : Israël (2014), Japon (2016)

Données non disponibles : Chine, Singapour

Source : OCDE

11 Activités d'innovation des entreprises

Les chapitres abordés jusqu'ici présentent en majeure partie l'existence des conditions ainsi que les moyens investis et mis en place pour soutenir les activités de recherche et d'innovation (indicateurs d'input). La production d'articles scientifiques (chapitre 6) et les demandes d'enregistrement de brevets (chapitre 7) permettent en partie d'apprécier le succès de ces efforts. Toutefois, il convient d'aller plus loin et de s'interroger sur la capacité des entreprises à faire fructifier les avancées réalisées en produits et/ou procédés innovants (indicateurs d'output).¹

Selon la dernière enquête 2018 sur les activités d'innovation des entreprises suisses, la part des entreprises ayant réalisé des innovations diminue.² Ce constat est valable aussi bien pour l'industrie que pour le secteur des services. De plus, les entreprises suisses commercialisent moins de produits nouveaux pour le marché qu'une majorité des pays de référence. En moyenne, 15–20 % du chiffre d'affaires des entreprises industrielles et des entreprises du secteur des services suisses sont réalisés grâce à la commercialisation de biens ou de services uniquement nouveaux pour l'entreprise, alors que la commercialisation de produits nouveaux pour le marché ne représente que 1 % à 8 % du chiffre d'affaires. Rares sont alors les entreprises innovantes suisses qui sortent des produits ou des services qui n'existaient pas auparavant sur le marché.

11.1 Entreprises innovantes

Selon le Global Entrepreneurship Monitor 2018/2019, un tiers des entreprises suisses nouvellement créées sont entrées sur le marché en lançant au moins un produit nouveau pour le marché ou uniquement proposé par un petit nombre d'entreprises (graphique B 11.1). 37 % des jeunes entreprises autrichiennes sont dans ce cas, ce qui font d'elles les plus innovantes des pays de référence.

En 2016, un peu plus de la moitié des entreprises industrielles suisses (54,6 %) indiquent innover en matière de produits et/ou de procédés (graphique B 11.2). Si la Suisse occupait le premier rang en 2014 avec un taux de 60,2 %, elle figure désormais derrière la Finlande (64,7 %), les Pays-Bas (57,6 %) et l'Allemagne (56,6 %).

Lorsque l'on considère les années 2000, une contraction marquée apparaît en Suisse, au Danemark et en Allemagne. La part

des entreprises industrielles innovantes connaît au contraire une récente et importante progression en Finlande, aux Pays-Bas et en Italie.

Pour le secteur des services, la situation est quasiment identique (graphique B 11.3). Lors du précédent relevé de 2014, la part des entreprises innovantes actives dans les services s'élevait à 46,9 % et plaçait la Suisse en tête des pays de référence aux côtés de l'Allemagne. En 2016, ce taux s'élève à 44,2 %.

Alors que la Finlande et les Pays-Bas marquent ici aussi une progression dans le secteur des services, ce taux s'est contracté de 25 points de pourcentage en Suisse depuis les années 2000. De plus, l'écart entre les pays se réduit significativement, et ce tant dans l'industrie que dans le secteur des services.

11.2 Chiffre d'affaires lié à l'innovation

La part des produits innovants au chiffre d'affaires des entreprises permet d'apprécier le succès de leurs efforts d'innovation.

Avec 26,4 % du chiffre d'affaires lié aux produits innovants, les entreprises industrielles allemandes sont en tête des pays de référence. Cette part se monte à 22,6 % pour les entreprises industrielles suisses (graphique B 11.4). Pour les entreprises suisses du secteur des services, 21,9 % du chiffre d'affaires est généré par la commercialisation de services innovants. Seules les entreprises italiennes font mieux (23,1 %).

Grandes entreprises

Les produits innovants représentent 22,4 % du chiffre d'affaires des grandes entreprises industrielles suisses (250 employés et plus), une valeur de milieu de tableau. Les grandes entreprises industrielles autrichiennes, allemandes et néerlandaises présentent des valeurs supérieures à 25 % (graphique B 11.5).

Les services innovants représentent 18,8 % du chiffre d'affaires des grandes entreprises suisses. Seules les grandes entreprises italiennes font mieux (20,8 %).

Petites et moyennes entreprises (PME)

Pour les grandes PME industrielles suisses (50–249 employés), les produits innovants représentent 20,4 % du chiffre d'affaires (graphique B 11.6). Les grandes PME de l'industrie danoise présentent le taux le plus élevé (30,9 %) alors que la Norvège, l'Autriche, l'Allemagne et la Finlande ferment la marche avec des taux inférieurs à 20 %.

La part des produits innovants au chiffre d'affaires des grandes PME suisses du secteur des services est également plus élevée que pour celle de l'industrie. Avec un taux de 25,8 % du chiffre d'affaires, les grandes PME du secteur des services suisses se placent

¹ Si les entreprises tendent à combiner l'introduction de nouveaux produits avec l'adoption de nouvelles méthodes de production, d'organisation et de commercialisation, le présent chapitre porte principalement sur les innovations de produit (biens et services). L'étude 3 de la partie C porte un regard plus spécifique sur les innovations de services.

² Les enquêtes communautaires sur l'innovation (ECI) de la Commission européenne permettent la comparaison internationale des activités d'innovation des entreprises. En Suisse, cette enquête est menée par le Centre de recherches conjoncturelles de l'École polytechnique fédérale de Zurich (KOF) sur mandat du SEFRI. Pour une analyse détaillée des résultats de cette enquête, voir le rapport «Innovations dans le secteur privé en Suisse» de 2018.

dans le top 3 et talonnent les grandes PME italiennes (28 %) et néerlandaises (26 %).

Pour les petites PME suisses (10–49 employés), la part des produits innovants au chiffre d'affaires total dépasse les 30 %, et ce tant dans le secteur de l'industrie que dans le secteur des services (graphique B 11.7). Pour l'industrie, seules les petites PME italiennes font mieux avec une part de 33,6 %. En ce qui concerne les petites PME du secteur des services, les PME suisses présentent le taux le plus élevé des pays de référence (32,8 %), loin devant les petites PME italiennes (26,2 %).

11.3 Innovations pour l'entreprise ou pour le marché

Un produit innovant peut être nouveau uniquement pour l'entreprise ou nouveau pour le marché. Une nouveauté a un potentiel plus important dans le second cas, car elle s'adresse à un segment de clientèle plus large, permet de préserver les parts de marché acquises, voire d'en gagner. Il est alors primordial d'examiner spécifiquement l'évolution de ces deux catégories.

Industrie

Pour les entreprises de l'industrie suisse, les produits nouveaux pour le marché représentent 7,6 % du chiffre d'affaires alors que les produits nouveaux pour l'entreprise représentent 15 % du chiffre d'affaires total (graphique B 11.8). Les entreprises innovantes suisses du secteur industriel s'attellent donc plus à l'amélioration de biens existants qu'au développement de produits jusqu'alors inconnus sur le marché.

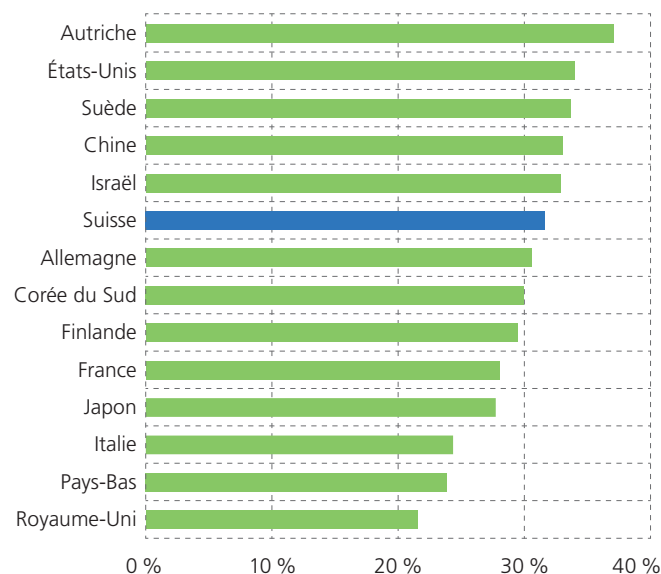
En comparaison avec les pays de référence, la Suisse figure loin derrière les Pays-Bas où en moyenne 16,5 % du chiffre d'affaires des entreprises industrielles est généré par la commercialisation de biens nouveaux pour le marché. Ce taux est de 12,9 % au Danemark, de 12,6 % en Italie et de 11,5 % en France.

Services

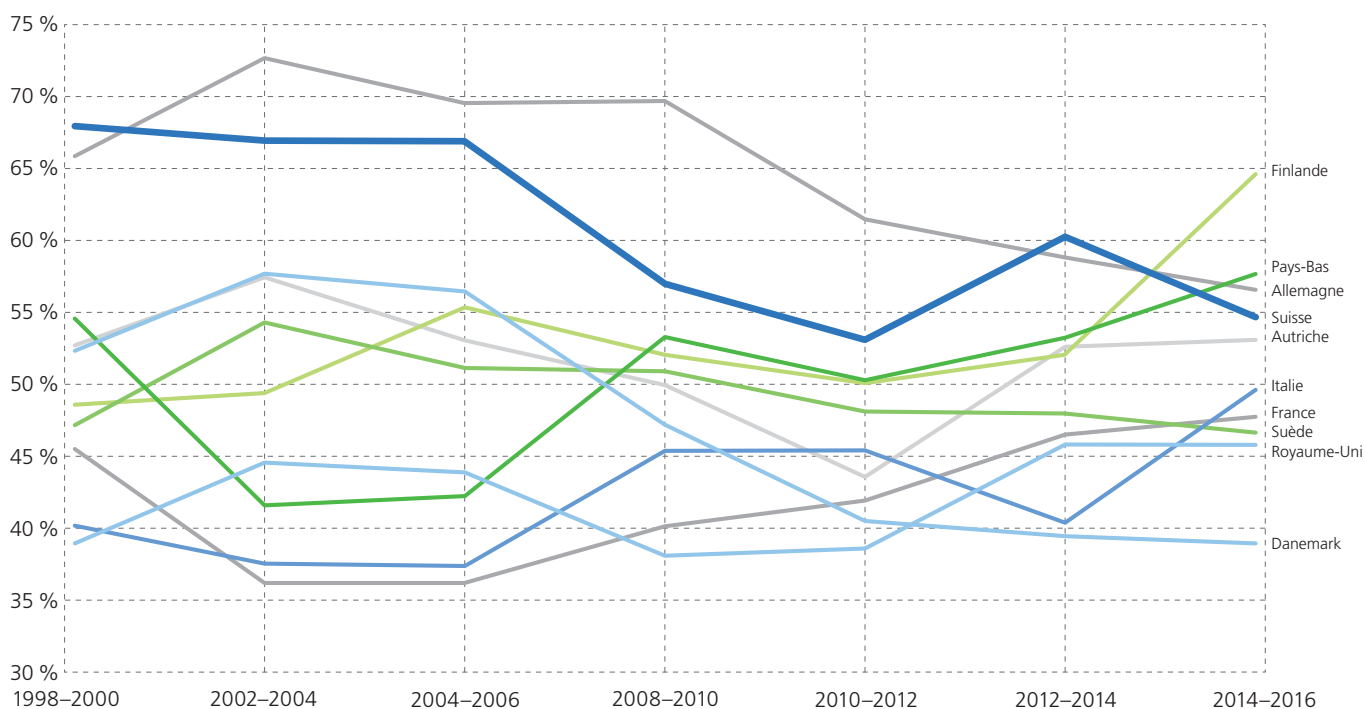
20,9 % du chiffre d'affaires des entreprises suisses résulte de la commercialisation de services uniquement nouveaux pour l'entreprise (graphique B 11.9). Seul 1 % du chiffre d'affaires total est généré par des prestations de services nouvelles pour le marché. Tout comme pour l'industrie, les prestataires de services innovants suisses se consacrent principalement au développement et à l'optimisation de services existants.

En comparaison internationale, la Suisse figure loin derrière l'Italie où en moyenne 13,1 % du chiffre d'affaires des entreprises du secteur des services est généré par la commercialisation de services nouveaux pour le marché. Ce taux est de 9,8 % aux Pays-Bas et de 8,7 % en Autriche.

Graphique B 11.1 : Part des entreprises récemment créées ayant lancé au moins un nouveau produit pour une partie de leur clientèle, 2018



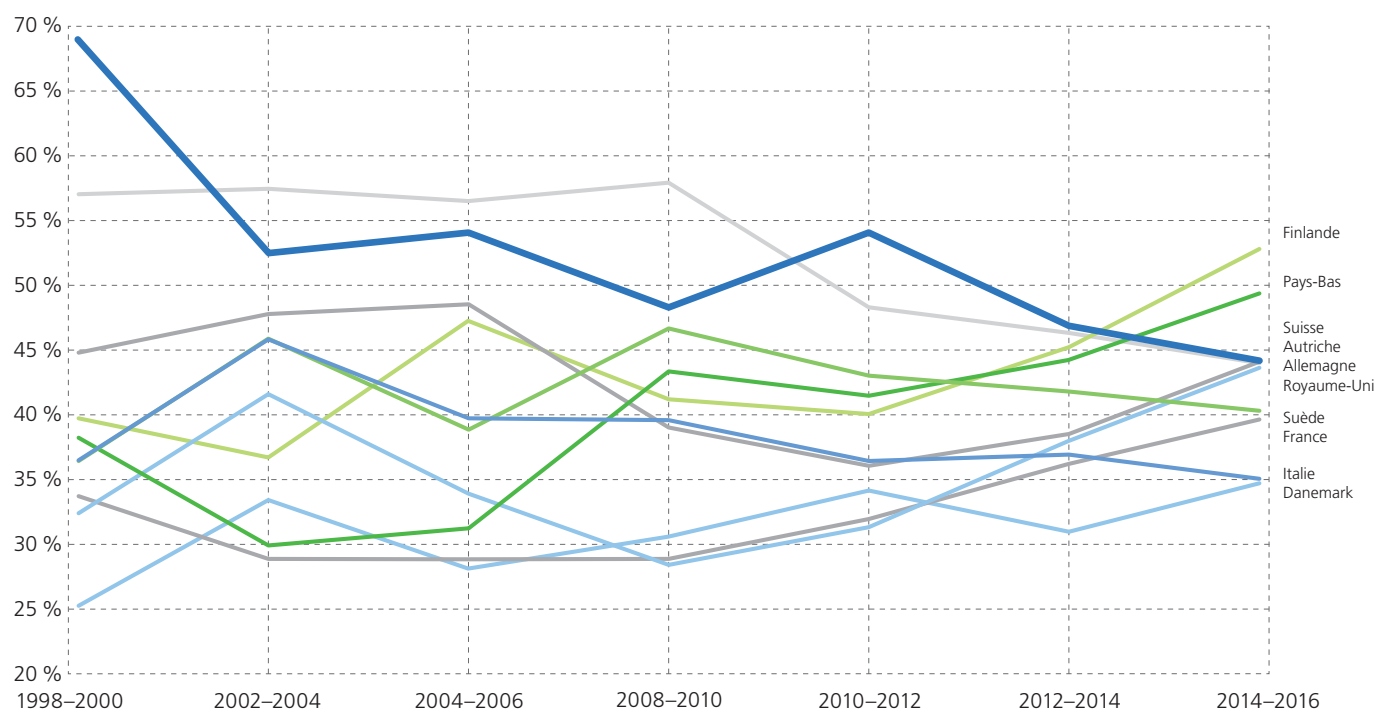
Exception à l'année de référence 2018 : Finlande (2016)
Données non disponibles : Danemark, Norvège, Singapour
Source : GEM

Graphique B 11.2 : Part des entreprises innovantes, industrie, 1998–2016

Innovations de produit et/ou procédé

Données non disponibles : Corée du Sud, Chine, États-Unis, Israël, Japon, Norvège, Singapour

Source : Eurostat

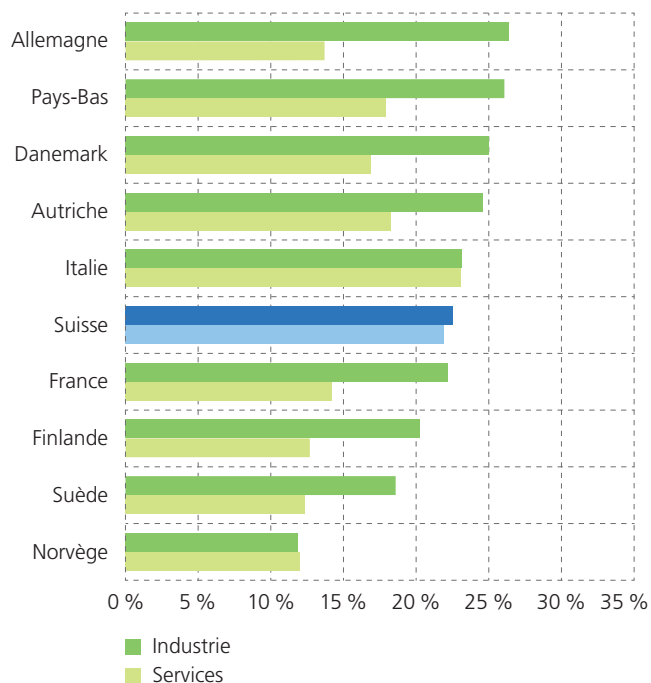
Graphique B 11.3 : Part des entreprises innovantes, services, 1998–2016

Innovations de produit et/ou de procédé

Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Norvège, Singapour

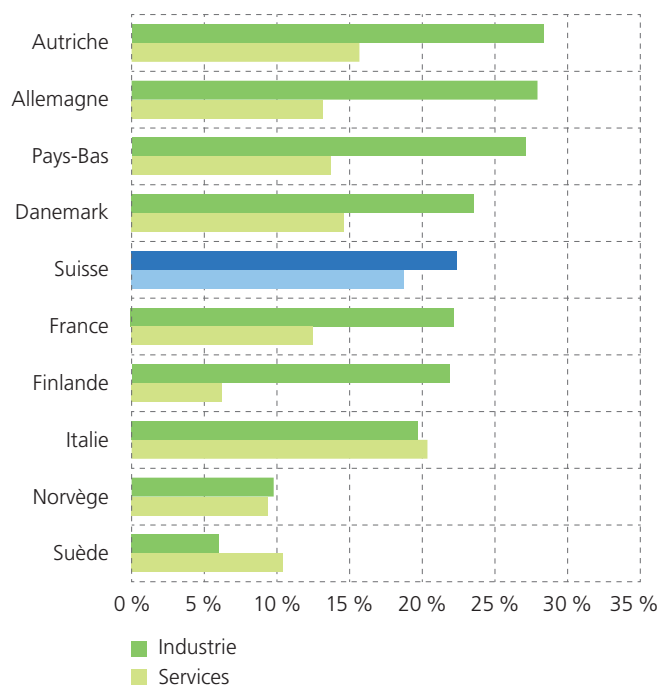
Source : Eurostat

Graphique B 11.4 : Part des produits innovants au chiffre d'affaires, 2016



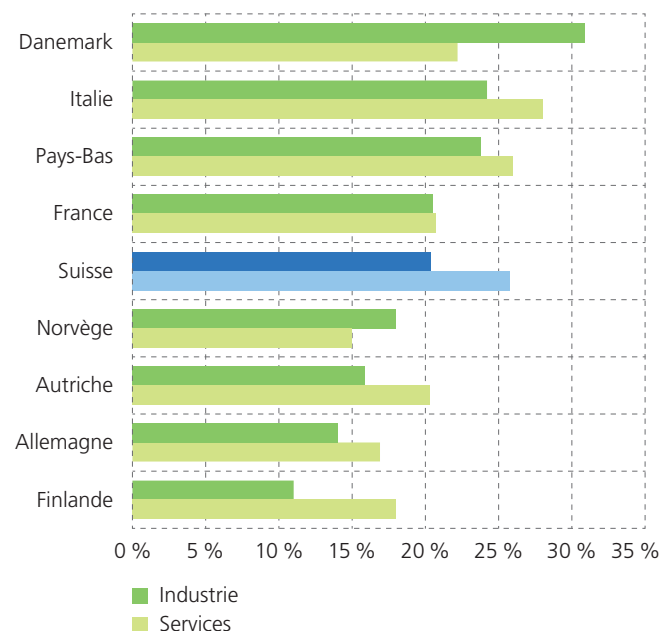
Les pourcentages portent sur les entreprises innovantes.
Exception à l'année de référence 2016 : Danemark (2014)
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Royaume-Uni, Singapour
Source : Eurostat

Graphique B 11.5 : Part des produits innovants au chiffre d'affaires, 250 employés et plus, 2016



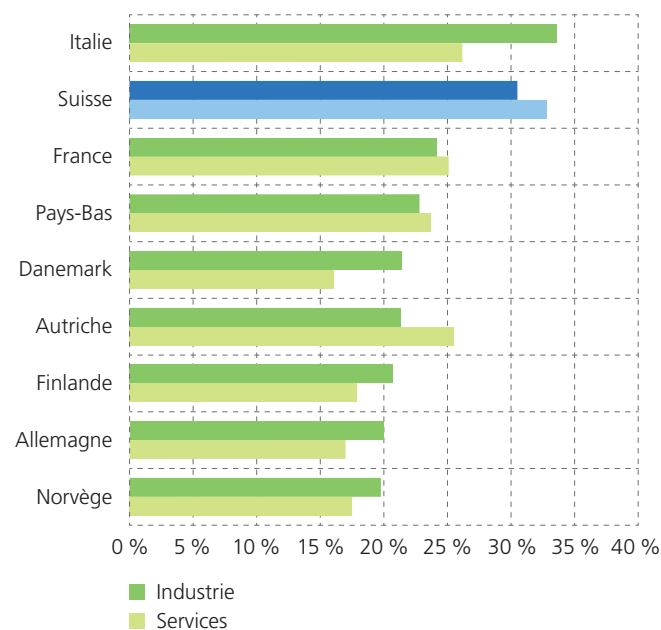
Les pourcentages portent sur les entreprises innovantes.
Exception à l'année de référence 2016 : Danemark (2014)
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Royaume-Uni, Singapour
Source : Eurostat

Graphique B 11.6 : Part des produits innovants au chiffre d'affaires des grandes PME (50–249 employés), 2016



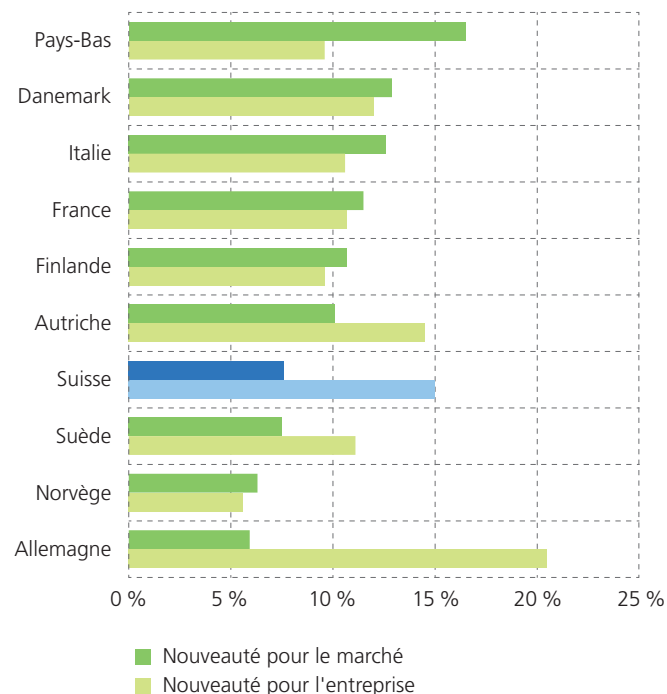
Les pourcentages portent sur les entreprises innovantes.
Exception à l'année de référence 2016 : Danemark (2014)
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Royaume-Uni, Singapour, Suède
Source : Eurostat

Graphique B 11.7 : Part produits innovants au chiffre d'affaires des petites PME (10–49 employés), 2016



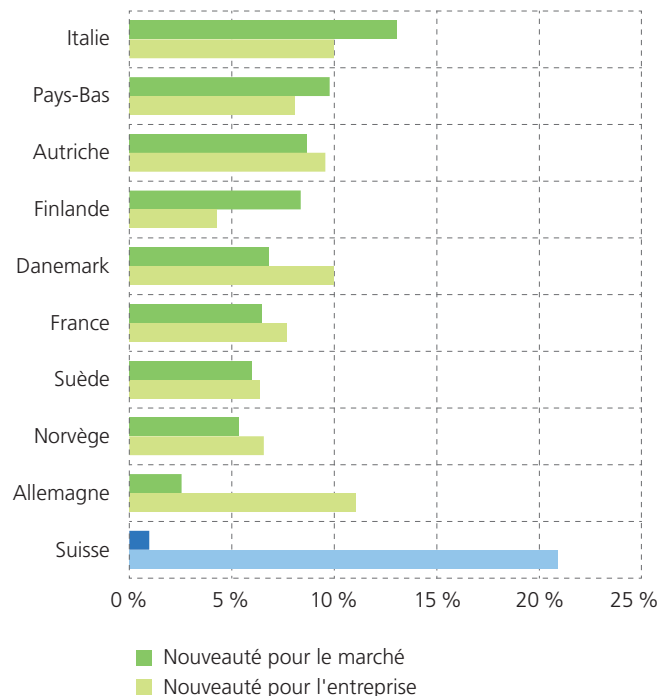
Les pourcentages portent sur les entreprises innovantes.
Exception à l'année de référence 2016 : Danemark (2014)
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Royaume-Uni, Singapour, Suède
Source : Eurostat

Graphique B 11.8 : Part des produits innovants au chiffre d'affaires, selon qu'il s'agisse d'une nouveauté pour le marché ou pour l'entreprise, industrie, 2016



Les pourcentages portent sur les entreprises innovantes.
Exception à l'année de référence 2016 : Danemark (2014)
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Royaume-Uni, Singapour
Source : Eurostat

Graphique B 11.9 : Part des produits innovants au chiffre d'affaires, selon qu'il s'agisse d'une nouveauté pour le marché ou pour l'entreprise, services, 2016



Les pourcentages portent sur les entreprises innovantes.
Exception à l'année de référence 2016 : Danemark (2014)
Données non disponibles : Chine, Corée du Sud, États-Unis, Israël, Japon, Royaume-Uni, Singapour
Source : Eurostat

12 Mutations structurelles

La capacité d'innovation d'une économie réside entre autres dans sa faculté à aborder activement les nouvelles tendances du marché, à saisir le potentiel des transformations technologiques et à réagir aux modifications structurelles de la demande et de la concurrence. Cette faculté s'exprime dans les économies les plus avancées par une augmentation de l'importance des branches à forte intensité de recherche et d'innovation. Ces branches se retrouvent dans les sous-secteurs de l'industrie de haute technologie et des services modernes qui développent et introduisent sur les marchés des biens et des services à forte valeur ajoutée.

12.1 Structure sectorielle en Suisse

En Suisse, la part de l'industrie à la valeur ajoutée nominale a légèrement diminué entre 2005 et 2015 (1,5 point de pourcentage) (tableau B 12.1). Ceci est le fait d'une contraction de la part des activités industrielles de faible technologie (1,9 point), tandis que la part des activités industrielles de haute technologie augmente (0,3 point). Alors que la part du secteur de l'énergie reste relativement stable et que celle de la construction augmente de 0,7 point, la part du secteur des services à la valeur ajoutée nominale augmente de 1 point. Cette évolution provient surtout de la progression de 0,8 point des services modernes (et de 0,2 point de la part du domaine des services traditionnels).

Le graphique B 12.2 présente l'évolution de ces parts depuis les années 2000. On observe que la part de l'industrie de faible technologie dans la valeur ajoutée nominale diminue continuellement depuis les années 2000. En contrepartie, la part de l'industrie de haute technologie progresse jusqu'à l'année 2008 avant de marquer un arrêt et d'osciller depuis lors autour de 18 %. La part des services traditionnels a, elle, continuellement progressé jusqu'en 2007 avant de prendre une part plus importante lors de la crise financière de 2007–2008. Elle s'est ensuite stabilisée depuis 2010 autour des 29 %. Pour ce qui est des services modernes, après avoir chuté de 2007 à 2008, leur part à la valeur ajoutée nominale augmente depuis et se rapproche des taux observés au début des années 2000.

12.2 En comparaison internationale

Tout comme en Suisse, la part de l'industrie dans la valeur ajoutée nominale diminue dans la quasi-totalité des pays de référence, sauf en Corée du Sud, en Allemagne et au Danemark (tableau B 12.1). Cette diminution est due à la baisse significative de la part des activités industrielles de faible technologie (de 1 à 4 points de pourcentage). Pour ce qui est de l'industrie de haute technologie, huit pays – y compris la Suisse – voient leur part à la valeur ajoutée nominale se renforcer, notamment le Danemark (3,2 points), la Corée du Sud (3,1 points) et l'Allemagne (2 points). Les six autres

pays dont la Finlande (4,9 points) et la Suède (4,3 points) affichent, eux, une diminution de cette part.

On observe alors une tendance à la hausse de la part des services à la valeur ajoutée nominale dans tous les pays de référence, sauf en Corée du Sud et en Allemagne. Ce phénomène est largement observable en Suède et en Finlande où cette part progresse respectivement de 7,6 et de 6,6 points de pourcentage. Cette progression est due en grande partie à l'augmentation de la part des services modernes à la valeur ajoutée nominale.

Secteur à haute intensité de savoir

On peut mesurer ce que l'on appelle le secteur à haute intensité de savoir en additionnant la part de l'industrie de haute technologie et la part des services modernes. Hormis la Corée du Sud, dans l'ensemble des pays de référence, ce secteur est composé en majeure partie des services modernes (graphique B 12.3).

En Suisse, la part de ce secteur à la valeur ajoutée nominale est passée de 51,1 % en 2005 à 52,2 % en 2015. Ce taux la place au quatrième rang des pays étudiés, derrière les États-Unis, l'Allemagne et la Corée du Sud. De 2005 et 2015, la progression de ce secteur a été la plus dynamique au Danemark, en Norvège et en Suède.

Définitions

Industrie de faible technologie: produits alimentaires, boissons et tabac / textiles, habillement et cuir / bois, papier et imprimerie / cokéfaction et raffinage de produits pétroliers / produits minéraux non métalliques / métaux basiques / produits métalliques manufacturés / pièces d'équipement, pièces d'installation et de réparation de machines

Industrie de haute technologie: produits chimiques et pharmaceutiques / produits caoutchoucs et plastiques / machines et équipements / produits informatiques, électroniques et optiques (y compris horlogerie et instruments de technique médicale) / équipements électriques / machines et équipements / équipements de transport (y compris véhicules à moteur)

Services traditionnels: commerce de gros et de détail, vente et réparation de véhicules motorisés / transport (marchandises et personnes) et entreposage / activités postales / hôtellerie et restauration

Services modernes: activités de publication (y compris logiciels informatiques), activités et diffusions audiovisuelles, télécommunication, services informatiques (y compris programmation, conseil, hébergement et analyse de données) / services financiers, assurance et réassurance (y compris fonds de pension) / services légaux, de compatibilité et de conseil / services de location et de prêt (y compris véhicules et domiciles privés) / services de réservation / services marketing / activités de support administratif / architecture et activités d'ingénierie / activités scientifiques professionnelles et de R-D

Énergie: électricité, gaz, approvisionnement en eau, gestion des eaux usées et des déchets

Construction: toutes les activités relatives au secteur de la construction de bâtiments, d'ingénierie civile et de construction spécialisée

Sources: OCDE (2018), KOF

Tableau B 12.1 : Part des secteurs à la valeur ajoutée nominale, 2005 & 2015

en %	Suisse		États-Unis		Allemagne		Corée du Sud		Suède	
	2005	2015	2005	2015	2005	2015	2005	2015	2005	2015
Industrie	27,8	26,3	21,7	20,4	33,9	34,8	40,5	42,4	31,2	23,6
Faible technologie	10,2	8,3	10,3	8,8	13,0	12,0	15,4	14,2	13,4	10,1
Haute technologie	17,6	17,9	11,4	11,7	20,9	22,9	25,1	28,2	17,8	13,5
Énergie	2,7	2,6	2,8	2,9	4,4	4,1	3,7	4,5	4,8	4,3
Construction	7,1	7,8	8,4	7,0	5,8	6,9	9,2	7,5	8,3	8,8
Services	62,4	63,4	67,1	69,7	55,9	54,1	46,7	45,7	55,7	63,3
Traditionnels	28,9	29,1	27,3	27,5	24,9	24,3	21,8	21,3	27,4	27,5
Modernes	33,5	34,3	39,8	42,2	31,0	29,9	24,9	24,4	28,3	35,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

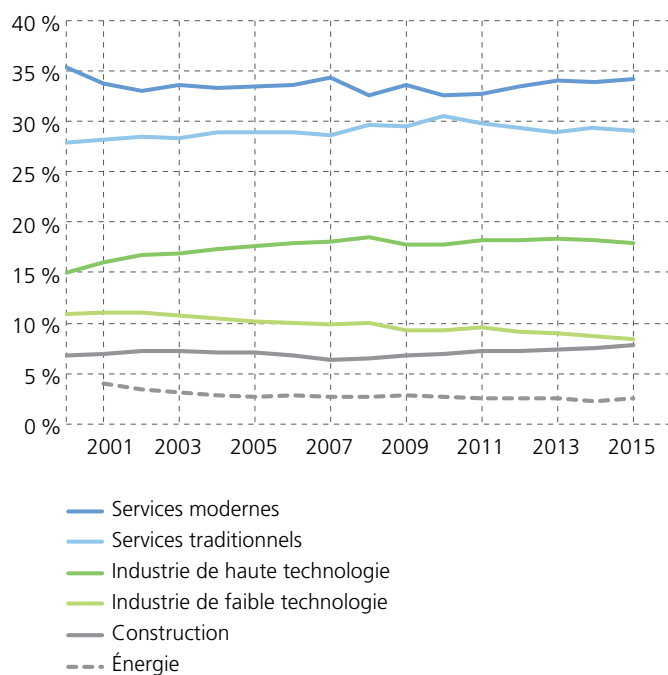
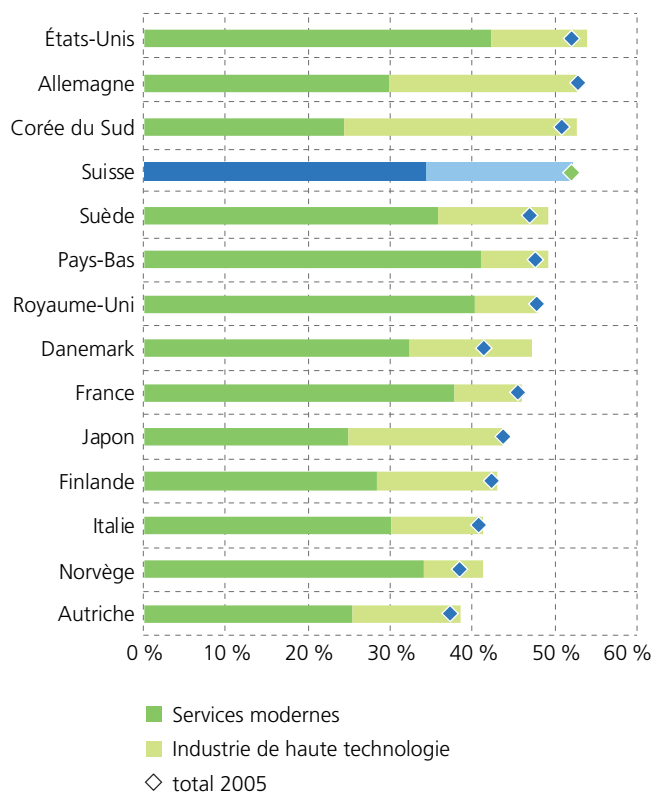
en %	Pays-Bas		Royaume-Uni		Danemark		France		Japon	
	2005	2015	2005	2015	2005	2015	2005	2015	2005	2015
Industrie	21,3	18,0	17,9	16,2	23,8	23,8	21,8	19,4	31,1	31,0
Faible technologie	11,8	9,7	9,6	8,6	12,1	8,9	12,3	11,0	13,1	12,2
Haute technologie	9,5	8,3	8,2	7,7	11,7	14,9	9,6	8,3	18,0	18,9
Énergie	2,6	2,6	3,4	4,3	4,5	3,5	4,2	4,2	4,2	3,9
Construction	8,3	6,9	10,7	9,8	9,1	7,6	9,0	9,2	8,0	8,2
Services	67,8	72,5	68,0	69,7	62,6	65,1	64,9	67,2	56,7	56,8
Traditionnels	30,5	31,6	29,4	29,3	33,8	32,8	29,9	29,5	31,9	32,0
Modernes	37,3	40,9	38,7	40,3	28,8	32,3	35,1	37,7	24,8	24,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

en %	Finlande		Italie		Norvège		Autriche	
	2005	2015	2005	2015	2005	2015	2005	2015
Industrie	37,6	28,8	26,4	25,5	20,1	16,2	28,3	27,2
Faible technologie	18,3	14,4	15,8	14,3	12,1	9,1	15,6	14,1
Haute technologie	19,4	14,5	10,6	11,2	8,0	7,1	12,6	13,0
Énergie	3,9	5,3	3,6	4,0	6,8	5,4	4,9	4,2
Construction	10,0	10,7	9,0	7,6	10,4	13,2	10,1	9,2
Services	48,6	55,2	61,0	62,8	62,6	65,2	56,6	59,5
Traditionnels	26,5	26,7	31,7	32,8	33,1	31,0	32,9	34,1
Modernes	22,1	28,5	29,3	30,1	29,5	34,1	23,8	25,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Après la Suisse, les pays sont classés selon la part des domaines à forte intensité de recherche et d'innovation : industries de haute technologie et services modernes (voir graphique B 12.3).

Données non disponibles : Chine, Israël, Singapour

Source : OCDE, calculs SEFRI

Graphique B 12.2 : Évolution de la part des secteurs à la valeur ajoutée nominale en Suisse, 2000–2015**Graphique B 12.3 : Part du secteur à haute intensité de savoir à la valeur ajoutée nominale, 2015**

13 La Suisse comparée aux régions-phares de l'innovation

Le présent chapitre compare les performances de la Suisse en matière d'innovation à celles d'une série de régions-phares de l'innovation d'Amérique du Nord, d'Asie orientale et d'Europe.¹ Les régions-phares de l'innovation représentent des sous-régions au sein de pays de grande taille dans lesquelles se concentrent les activités d'innovation. Ce découpage repose sur l'idée qu'une comparaison des indicateurs de la recherche et de l'innovation entre des pays de taille et de structure différentes ne pourrait avoir une pertinence que limitée. Une mise en relation des régions-phares de l'innovation constitue une base de comparaison plus homogène. Dans l'ensemble, cette comparaison montre que, contrairement à la comparaison faite avec des pays, la Suisse ne joue pas toujours les premiers rôles en matière de recherche et d'innovation.

Les régions-phares de l'innovation prises en considération sont :

- six régions européennes : Bade-Wurtemberg, Bavière, Lombardie-Piémont, grande région de Paris, région Rhône-Alpes et grande région de Londres ;
- six régions nord-américaines : baie de San Francisco, grandes régions de Seattle, New York et Boston, provinces de l'Ontario et de Québec ;
- neuf régions d'Asie de l'Est : grandes régions de Tokyo, d'Osaka, de Séoul, de Daejeon et de Busan-Daegu, grande région de Shanghai, provinces de Jiangsu, de Zhejiang et Guangdong (régions d'Asie de l'Est) (illustration B 13.1).

Au total, ces 21 régions sont comparables à la Suisse au niveau de leur taille et de leur performance économique (tableau B 13.2). Elles constituent également les zones où se concentrent les activités de recherche et d'innovation des pays auxquels elles appartiennent.

La position de la Suisse est analysée sur quatre groupes d'indicateurs correspondant pour l'essentiel aux indicateurs présentés dans les chapitres précédents :²

- 1) les activités de recherche et développement (R-D) des entreprises et du secteur de la science,
- 2) les résultats directs de R-D sous la forme de brevets et de publications scientifiques,
- 3) les activités d'innovation des entreprises,
- 4) la portée des activités à forte intensité de savoir et de recherche.

13.1 Dépenses de recherche et développement

Dans la comparaison entre pays, la Suisse fait partie des pays dont les dépenses de R-D rapportées au PIB sont les plus élevées. La

part de ses dépenses totales de R-D (entreprises privées et secteur public) s'élève à 3,4 % du PIB en 2017. Seuls la Corée du Sud et Israël présentent une part plus élevée. Toutefois, si l'on compare la Suisse aux 21 autres régions de l'innovation, elle n'arrive qu'en neuvième position (graphique B 13.3). La part la plus élevée est observée dans la baie de San Francisco (9,9 %), suivie des grandes régions de Daejeon, Séoul, Seattle et Tokyo. Le Bade-Wurtemberg et la grande région de Boston ont aussi des dépenses de R-D nettement plus élevées que la Suisse par rapport à leur performance économique. La grande région de Shanghai figure également devant la Suisse. Enfin, la plupart des régions européennes et chinoises, les deux provinces canadiennes et la grande région de New York se classent derrière la Suisse.

Une comparaison des valeurs obtenues dans les régions d'innovation avec celles des pays auxquels elles appartiennent montre de très grandes différences. La part des dépenses de R-D est ainsi trois fois plus élevée dans la baie de San Francisco qu'en moyenne aux États-Unis. De même, la part des dépenses de R-D de la grande région de Tokyo est plus de deux fois supérieure à celle du Japon dans son ensemble. La part des dépenses de R-D de la grande région de Séoul est supérieure de 40 % à la valeur moyenne de la Corée du Sud et celle de Shanghai, de 70 % à la moyenne chinoise. En Europe aussi, plusieurs régions de l'innovation se détachent nettement de la moyenne nationale. Le Bade-Wurtemberg dépasse de 70 % la moyenne allemande. Cela signifie que les activités de R-D des grandes économies à forte intensité de R-D sont géographiquement très concentrées.

La plupart des régions de l'innovation où l'intensité de R-D est forte se caractérisent par des dépenses de R-D très élevées des entreprises. Dans la baie de San Francisco, les dépenses de R-D des entreprises s'élèvent à 8,7 % du PIB. Séoul, Tokyo et Seattle arrivent à près de 5 %. Dans le Bade-Wurtemberg, les dépenses de R-D des entreprises se montent à 4 % de la performance économique de la région. Ces valeurs s'expliquent par la présence dans ces régions des principaux laboratoires de R-D de nombreuses multinationales. Comparée à ces régions, la Suisse est nettement en retrait, les dépenses de R-D des entreprises s'élevant à 2,3 % du PIB.

Si l'on considère les dépenses de R-D dans le secteur de la science (hautes écoles et État) rapportées au PIB, la Suisse se classe dans la première moitié du tableau des régions de l'innovation avec une valeur de 0,96 %. Avec, 2,67 %, la région de Daejeon en Corée du Sud présente de loin la valeur la plus élevée. Les grandes régions de Tokyo, de Shanghai et de Boston ainsi que la baie de San Francisco devancent également nettement la Suisse. Dans les deux provinces canadiennes, les dépenses de R-D du secteur de la science rapportées au PIB régional correspondent plus ou moins au niveau de celles de la Suisse.

¹ Ce chapitre a été rédigé par C. Rammer et M. Trunschke du Centre de recherche économique européenne (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung ZEW), Mannheim (D).

² Il convient toutefois de relever qu'en raison de l'utilisation de sources différentes, les résultats présentés ici divergent parfois des résultats présentés dans les chapitres précédents.

La part de l'ensemble des dépenses de R-D de la Suisse a évolué de manière très dynamique entre 2008 et 2017. Elle a crû de 0,66 point de pourcentage; tant les dépenses de R-D des entreprises (0,35 point de pourcentage) que celles du secteur de la science (0,28 point) ont augmenté dans des proportions supérieures à la croissance économique. Comparée aux autres régions de l'innovation, cette dynamique peut être qualifiée de forte. Seule la grande région de Séoul présente une augmentation sensiblement plus forte, la hausse y étant de 1,6 point. Une croissance des dépenses de R-D un peu plus élevée qu'en Suisse est par ailleurs observable dans la baie de San Francisco (1 point), au Bade-Wurtemberg (0,77 point) et dans la grande région de Shanghai (0,75 point).

13.2 Publications scientifiques

Le nombre de publications scientifiques dans des revues spécialisées internationales est un indicateur de la productivité des activités de recherche. Comme de nombreuses publications sont rédigées par plusieurs auteurs et que ces derniers n'exercent pas nécessairement leurs activités dans la même région, les publications sont attribuées à chacune des régions d'où provient l'un de ses auteurs (whole counting); autrement dit elles sont généralement prises en compte plusieurs fois. Selon ce mode de comptabilisation, la Suisse, avec 5 publications pour 1000 habitants, se classe en tête des régions européennes et devance également toutes les régions d'Asie orientale (graphique B 13.4). En revanche, trois des quatre régions des États-Unis affichent des valeurs nettement plus élevées. L'écart qui sépare la Suisse de la région de Boston, en tête de ce classement avec un score de 13,9 publications pour 1000 habitants est considérable. La baie de San Francisco affiche elle aussi une valeur plus de deux fois supérieure à la Suisse (11,2).

Si l'on rapporte le nombre de publications scientifiques au nombre de chercheurs actifs dans le secteur de la science,³ la Suisse atteint 2,3 publications par an et par chercheur. Ceci constitue la deuxième valeur la plus élevée en comparaison européenne, après la région de Lombardie et Piémont (graphique B 13.4). Encore une fois, trois des quatre régions de référence des États-Unis devancent largement la Suisse. Deux d'entre elles, New York (3,2) et Boston (3,4), ont une avance considérable. Parmi les régions d'Asie orientale, Séoul est celle qui se rapproche le plus du score suisse avec 1,8 publication par chercheur.

Outre le nombre de publications, leur qualité est aussi un puissant indicateur pour apprécier la performance de la science. Elle se mesure notamment au nombre de citations par publication et au taux de citation dans la discipline scientifique concernée. Ici, la Suisse occupe une position de pointe. Avec 8,2 citations par publication au cours des trois ans qui suivent leur parution, la Suisse affiche la troisième valeur la plus élevée parmi les régions de l'innovation. La grande région de Boston et la baie de San Francisco occupent, avec respectivement 9,3 et 9,1 citations, les deux premières places.

13.3 Demandes de brevets

Le nombre de demandes de brevets est un indicateur de la productivité de la recherche appliquée et développement (Ra-D), réalisée principalement par les entreprises. La comparaison entre régions est effectuée ici à partir des chiffres relatifs aux demandes d'enregistrement de brevets déposées auprès des offices internationaux de brevets (à l'Office européen des brevets ainsi qu'à l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle dans le cadre de la procédure PCT).

Un comptage de toutes les demandes de brevets partout dans le monde est en revanche peu pertinent, étant donné les différentes législations en matière de brevets sur lesquelles s'appuient les offices nationaux. Les demandes internationales de brevets présentent l'inconvénient de ne pas comptabiliser les inventions qui sont utilisées uniquement sur un marché national ou uniquement sur quelques marchés internationaux (puisque celles-ci ne conduisent généralement pas à une demande internationale). Cette façon de compter défavorise surtout les régions qui disposent d'un grand marché national, notamment les États-Unis et la Chine.³

Avec une intensité de brevets de 0,81 par 1000 habitants (demandes de brevets par an durant la période 2008–2016), la Suisse arrive deuxième du classement de l'ensemble des régions de l'innovation (graphique B 13.5), derrière la baie de San Francisco (0,88). Avec un score de 0,73, la grande région de Tokyo se rapproche du taux suisse. En Europe, les valeurs du Bade-Wurtemberg, de la Bavière et de la grande région de Paris sont proches de celle de la Suisse. L'intensité de brevets par habitant est considérablement plus basse dans l'ensemble des autres régions de référence.

L'image est assez différente lorsque le nombre de demandes de brevets est mis en relation avec les dépenses de R-D des entreprises (à parités de pouvoir d'achat, après conversion des monnaies nationales). La Suisse se place ici en première position, suivie de Paris, de la Bavière, d'Osaka, de l'Ontario et de Séoul. La province du Guangdong, le Bade-Wurtemberg, la région Lombardie et Piémont, les grandes régions de Tokyo et de Londres n'atteignent qu'environ la moitié de la valeur affichée par la Suisse. Les régions des États-Unis font nettement moins bien pour cet indicateur. Cette différence tient d'une part au fait que les dépenses nécessaires pour mettre au point une invention brevetable sont très variables selon la branche, si bien que la structure sectorielle des activités de R-D joue un rôle prépondérant en la matière. D'autre part, les résultats de R-D dans le domaine des logiciels et des services IT ne peuvent être brevetés que de manière très limitée. C'est la raison pour laquelle les régions spécialisées dans ces branches comme celle de la baie de San Francisco et de Seattle affichent un rapport particulièrement défavorable entre le nombre de demandes de brevets et les dépenses de R-D des entreprises.

³ En raison du décalage entre le moment où l'invention est mise au point et celui de la publication d'une demande internationale de brevet, seules les demandes internationales de brevets déposées jusqu'en 2016 ont pu être prises en compte dans la comparaison internationale.

Durant la période 2008–2014, l'intensité de brevets en Suisse n'a pratiquement pas changé (nombre de demandes de brevets internationales par habitant). Cependant, dans plusieurs grandes régions de l'innovation européennes, l'intensité de brevets a beaucoup diminué (Bade-Wurtemberg, Lombardie et Piémont, Londres). Une tendance à la baisse est aussi observable dans la grande région de New York ainsi que dans la province de l'Ontario. Les grandes régions de Séoul, Seattle, Tokyo, la province de Guangdong et la grande région d'Osaka enregistrent pour leur part de fortes hausses. Il faut noter que l'évolution du nombre de demandes internationales de brevets n'est pas seulement influencée par l'activité d'innovation mais aussi par l'attractivité des marchés. En effet, les entreprises ne déposent une demande de brevets par la voie onéreuse des offices internationaux que lorsqu'elles visent une commercialisation mondiale (procédure PCT) ou une commercialisation de la technologie en Europe (dépôt à l'Office européen des brevets).

13.4 Activités d'innovation des entreprises

À terme, l'objectif de la R-D dans le secteur privé est de faire fructifier l'innovation, c'est-à-dire d'en tirer de nouveaux produits et procédés présentant une amélioration notable par rapport aux offres et aux procédures existantes.⁴ De nombreux pays mènent des enquêtes sur l'innovation afin de mesurer les activités d'innovation des entreprises. De telles données ne sont toutefois pas disponibles pour toutes les régions de l'innovation. Ainsi, les régions des États-Unis ne peuvent pas être prises en compte pour cette analyse. Pour ce qui est des régions canadiennes, les valeurs n'existent que pour un nombre insuffisant d'indicateurs, qui, en outre, ne se fondent pas sur des définitions et des méthodes d'enquête identiques et ne sont donc que partiellement comparables. Compte tenu de ces restrictions méthodologiques, l'image qui se dégage est que les entreprises suisses sont très axées sur l'innovation, non seulement en comparaison avec les autres pays, mais aussi avec les régions-phares de l'innovation. La part d'innovateurs de produit parmi les entreprises s'élevait à 35 % en 2016. Cette valeur est la quatrième plus élevée parmi les régions de référence (graphique B 13.6).⁵ Seul le Bade-Wurtemberg dépasse de peu le niveau de la Suisse.

Sur cet indicateur, les autres régions européennes de l'innovation atteignent également des valeurs élevées, entre 30 % et 34 %. Des parts relativement élevées d'innovateurs de produit (25 % à 29 %) sont également observées dans les régions chinoises (excepté à Shanghai, 18 %). En revanche, pour les régions japonaises et sud-coréennes, la part des innovateurs de produit (entre 15 % et 19 %) est nettement inférieure à celle de la Suisse. Il faut cependant tenir compte du fait que cet indicateur est largement détermi-

né par le comportement des petites entreprises, étant donné que ces dernières constituent la plus grande partie des entreprises. Or, au Japon et en Corée du Sud, la disposition à innover des petites et moyennes entreprises est traditionnellement faible.

En ce qui concerne la part des entreprises ayant réalisé des innovations de procédé, la Suisse se place en milieu de classement des régions de l'innovation avec une valeur de 27 %. À l'exception de Londres, toutes les régions européennes observées se positionnent devant la Suisse. En outre, deux régions chinoises – Zhejiang et Jiangsu – se placent légèrement en-dessous du niveau de la Suisse. Ces résultats sont significatifs car les innovations de procédé visent souvent à réduire les coûts. Ce point s'avère crucial lorsque les entreprises font face non seulement à des coûts élevés, mais aussi à une forte concurrence internationale, ce qui est le cas de nombreuses entreprises implantées en Suisse. Toutefois, un grand nombre d'entre elles parviennent à assurer leur compétitivité par le biais d'autres stratégies. L'une d'elles consiste par exemple à commercialiser des nouveautés dans le but de disposer d'un produit aux caractéristiques uniques sur le marché, ce qui offre ainsi une certaine marge de manœuvre dans la fixation du prix. Au regard de l'utilisation de cette dernière stratégie, les indicateurs affichent des valeurs élevées pour la Suisse en comparaison internationale.

Une autre stratégie des entreprises consiste à accorder la priorité aux innovations fondées sur leurs propres développements technologiques, ce qui permet de bien se démarquer de la concurrence. La part des entreprises ayant des activités internes de R-D est un indicateur de l'utilisation de cette stratégie. En 2016, 25 % des entreprises suisses menaient de telles activités, dont 17 % sur une base continue. La part des entreprises suisses actives dans la R-D est nettement moins élevée que dans les deux régions françaises et se situe également en-dessous des valeurs du Bade-Wurtemberg et de Londres. Deux régions chinoises (Jiangsu et Zhejiang) et deux régions sud-coréennes (Séoul et Daejeon) affichent des niveaux à peu près semblables à celui de la Suisse. Il n'y a que dans les régions japonaises que les entreprises recourent bien plus rarement à une stratégie d'innovation orientée vers la R-D.

La mise en œuvre de coopérations de R-D avec des tiers est un autre indicateur des activités d'innovation des entreprises. Ce type de coopérations est relevé auprès de 10 % des entreprises suisses. Dans la plupart des autres régions, il est nettement plus répandu, mais il englobe souvent aussi des coopérations en matière d'innovation qui ne relèvent pas du domaine R-D (notamment dans le design ou la commercialisation de nouveaux produits). Les régions où la part des entreprises impliquées dans des coopérations est la plus importante sont les régions de Londres (29 %), Zhejiang (28 %) et Guangdong (26 %). Si l'on ne considère que les coopérations avec la science (hautes écoles et instituts de recherche), les entreprises suisses comblent en grande partie leur retard dans leur ouverture aux coopérations. Parmi elles, 5 % mènent des coopérations avec des hautes écoles. Avec 8 %, le Bade-Wurtemberg et Jiangsu présentent les valeurs les plus élevées.

⁴ Voir le Manuel d'Oslo de l'OCDE et Eurostat.

⁵ Les données présentées ici se rapportent au segment d'entreprises considéré par l'enquête CIS, soit les entreprises de dix employés ou plus des industries de production (branches économiques 5 à 39) et une sélection du secteur des services (branches économiques 46, 49 à 53, 58 à 66, 71 à 73).

13.5 Portée des activités à forte intensité de savoir et de recherche

Un autre aspect fondamental de la capacité d'innovation d'une économie est sa tendance à orienter ses activités économiques dans des branches à forte intensité de savoir et de recherche. D'une part, le déplacement de la demande vers les biens et les services de ces branches crée des perspectives de croissance favorables. D'autre part, la recherche et l'innovation revêtent une importance cruciale dans ces branches, où le succès des innovations génère un important gain de compétitivité. L'industrie à forte intensité de recherche comprend les branches de haute technologie, qui se caractérisent par des dépenses de R-D très élevées rapportées à la valeur ajoutée, ainsi que les branches de moyenne-haute technologie, dont les dépenses de R-D rapportées à la valeur ajoutée sont supérieures à la moyenne.⁶ Les services à forte intensité de savoir se caractérisent par une part élevée de collaborateurs hautement qualifiés au sein du personnel. On distingue les services orientés principalement vers le marché ou principalement vers les services publics et d'intérêt général (formation, santé, arts).

En 2018, un peu plus de 23 % des personnes actives en Suisse étaient occupées dans des branches à forte intensité de savoir et de recherche (services publics et d'intérêt général exclus). Cette part est inférieure à celle des deux régions de l'innovation allemandes, de Paris et de la région Lombardie et Piémont. En dehors de l'Europe, seule la baie de San Francisco affiche une valeur plus élevée que la Suisse dans les branches à haute intensité de savoir et de recherche (graphique B 13.7). Toutefois, les deux régions japonaises auraient également enregistré des valeurs plus élevées que la Suisse si le domaine des services financiers, pour lequel les données d'emploi ne sont pas disponibles, avait été inclus dans le calcul. Une part d'emploi plus faible dans les branches à forte intensité de savoir et de recherche est observée dans les régions canadiennes et sud-coréennes. Pour les régions chinoises, aucune donnée comparative n'est disponible.

La part de l'emploi dans la haute technologie s'élève en Suisse à 2,5 %, soit un niveau similaire à celui qui est observé dans les deux régions allemandes, mais inférieur à celui des grandes régions d'Osaka, de Seattle, de Tokyo, de Daejeon et de Séoul. Dans ces dernières régions, c'est principalement la fabrication de matériel informatique et, dans le cas de Seattle, la construction aéronautique et spatiale qui expliquent ces valeurs élevées.

Dans la moyenne-haute technologie, qui comprend notamment l'industrie automobile, la construction de machines, l'électrotechnique et l'industrie chimique, le Bade-Wurtemberg, la Bavière et Busan-Daegu arrivent en tête avec des parts d'emploi supérieures à 10 %. Les deux régions japonaises et la région Lombardie et Piémont affichent elles aussi des valeurs bien plus élevées que la Suisse (3,1 %).

⁶ Selon la définition de l'OCDE, ces branches comprennent les industries à forte intensité de R-D (high R&D intensity industries) et les industries à moyenne-haute intensité de R-D (medium-high R&D intensity industries).

En Suisse, la part de l'emploi dans les services à forte intensité de savoir au sens strict (services informatiques, services financiers, activités de conseil, services techniques et services médias) s'élève à 17,6 % et est plus élevée que dans la plupart des régions de comparaison. Seules les grandes régions urbaines de Paris, New York, Londres et la baie de San Francisco, fortement spécialisée dans les services informatiques, affichent des taux plus élevés.

Entre 2008 et 2018, la part de l'emploi des branches à forte intensité de savoir et de recherche a augmenté de 1,1 point de pourcentage en Suisse. Durant cette décennie, on a assisté à un affaiblissement de la part de l'emploi dans la haute et moyenne-haute technologie, atteignant au total 0,9 point de pourcentage, qui a été compensé par un renforcement de 2 points de pourcentage dans les services à forte intensité de savoir au sens strict. Dans plusieurs autres régions de l'innovation, la structure économique a évolué dans une plus large mesure vers des branches à forte intensité de savoir et de recherche, en particulier dans la baie de San Francisco (2,5 points de pourcentage), en Ontario (1,9 point de pourcentage), en Bavière et dans la région Rhône-Alpes (chacune 1,7 point de pourcentage). Dans les grandes régions de Paris, Boston, New York et dans le Bade-Wurtemberg, aucun changement structurel n'est visible en ce qui concerne les branches à forte intensité de savoir et de recherche.

13.6 Conclusion

En comparant la Suisse aux régions-phares de l'innovation de taille similaire, les indicateurs de la recherche et de l'innovation montrent que celle-ci n'occupe de loin pas toujours les meilleures places :

- L'indicateur Dépenses de R-D rapportées au PIB révèle que huit régions de l'innovation devancent la Suisse, alors qu'en comparaison interétatique, la Suisse se place au troisième rang mondial. Certaines régions (Tokyo, Seattle, Séoul) affichent des valeurs environ deux fois plus élevées. La baie de San Francisco atteint même le triple des valeurs suisses.
- Le nombre de publications scientifiques par habitant en Suisse, pourtant l'un des plus élevés en comparaison interétatique, est considérablement plus bas que ceux des régions américaines (Boston, New York, baie de San Francisco).
- Du point de vue de l'intensité de brevets, c'est-à-dire du nombre de demandes de brevets rapporté au nombre d'habitants ainsi qu'aux dépenses de R-D des entreprises, la Suisse atteint les premiers rangs du classement, et ce, même dans la comparaison au niveau des régions de l'innovation. Cependant, alors que son avance est confortable face aux autres pays, elle est bien moins importante en comparaison des différentes régions. Tokyo, le Bade-Wurtemberg, la Bavière et Paris n'affichent qu'une intensité de brevets légèrement inférieure. Dans la baie de San Francisco, le nombre de demandes de brevets par habitant est même supérieur à celui de la Suisse.
- Au regard de la participation des entreprises aux activités d'innovation, la Suisse résiste également avec succès à la comparaison entre les régions de l'innovation. Seules les entreprises du Bade-Wurtemberg affichent des parts d'innovateurs de produits

similaires à la Suisse. L'indicateur de la part d'entreprises ayant des activités de R-D sur une base continue place également la Suisse dans le haut du classement des régions de l'innovation. Cependant, celui des entreprises ayant réalisé des innovations de procédé lui fait perdre plusieurs places. La propension à coopérer peut être également considérée comme faible en comparaison avec d'autres régions.

- La structure économique de la Suisse n'est pas particulièrement orientée vers les branches à forte intensité de savoir et de recherche comparée à la plupart des régions de l'innovation. La part de l'emploi affecté aux branches de haute et moyenne-haute technologie n'atteint que la moyenne. Dans les services à forte intensité de savoir au sens strict, les parts les plus élevées sont réalisées par les services financiers, scientifiques et techniques ainsi que les professions libérales. Les emplois dans les services informatiques et les domaines de la formation et de la santé sont les moins bien représentés.

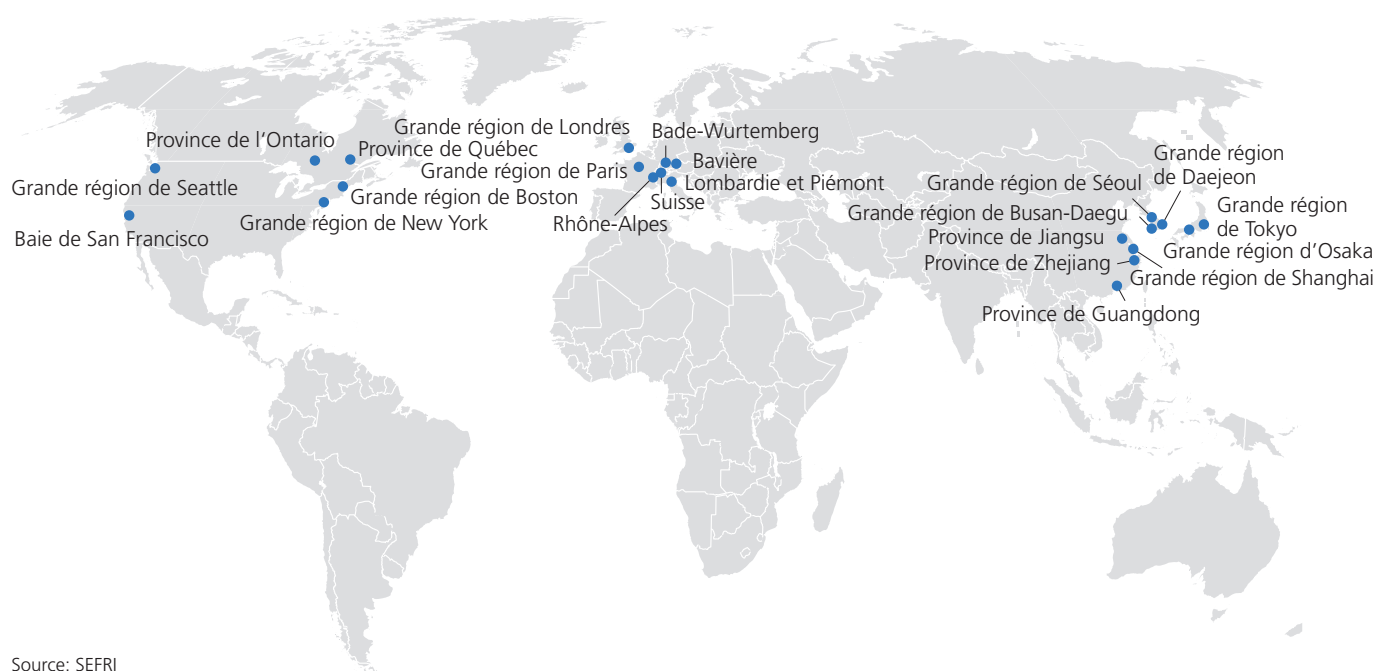
Comparer la Suisse avec des régions de l'innovation situées dans des pays de grande taille a toutefois ses limites, et ce pour plusieurs raisons. Par exemple, une région de la même taille que la Suisse appartenant à un grand pays peut concentrer ses efforts sur un petit nombre d'activités et de branches particulièrement innovantes, puisque d'autres régions se chargent des activités non innovantes (notamment la fabrication de produits standards, les activités commerciales et de transport ou le tourisme). La Suisse, par contre, ne peut se détourner de ses activités non innovantes qui lui sont indispensables pour maintenir son autonomie économique.

D'un autre côté, l'appartenance d'une région de l'innovation à un grand pays peut parfois conduire celle-ci à s'éloigner de son orientation internationale, notamment lorsque le marché intérieur du pays en question est un marché cible pour les nouvelles technologies. Les demandes de brevets internationales sont ainsi moins fréquentes dans ces régions, si bien que dans ce domaine, une petite économie ouverte aux échanges comme la Suisse réussit mieux que les régions de l'innovation appartenant à des pays de grande taille.

Toutefois, les régions de l'innovation au sein des grands États tirent justement avantage de la superficie de leur pays, puisqu'elles accèdent à un bassin de talents et d'idées plus important et peuvent dans une large mesure bénéficier des ressources mises à disposition par l'État pour l'ensemble des domaines de l'innovation. Cela s'applique non seulement aux personnes hautement qualifiées, mais aussi à d'autres ressources rares comme le capital-risque.

La Suisse doit compenser ce handicap concurrentiel par rapport à ces régions de l'innovation en promouvant l'ouverture. Cette politique a bien réussi à la Suisse jusqu'ici, comme le montre la forte orientation internationale de son économie et le nombre élevé de chercheurs étrangers dans ses universités. Une telle ouverture est indispensable afin de pérenniser les performances de la Suisse en matière d'innovation.

Illustration B 13.1 : Régions-phares de l'innovation



Source: SEFRI

Tableau B 13.2 : Chiffres clés des régions de référence (2017 ou dernière année disponible)

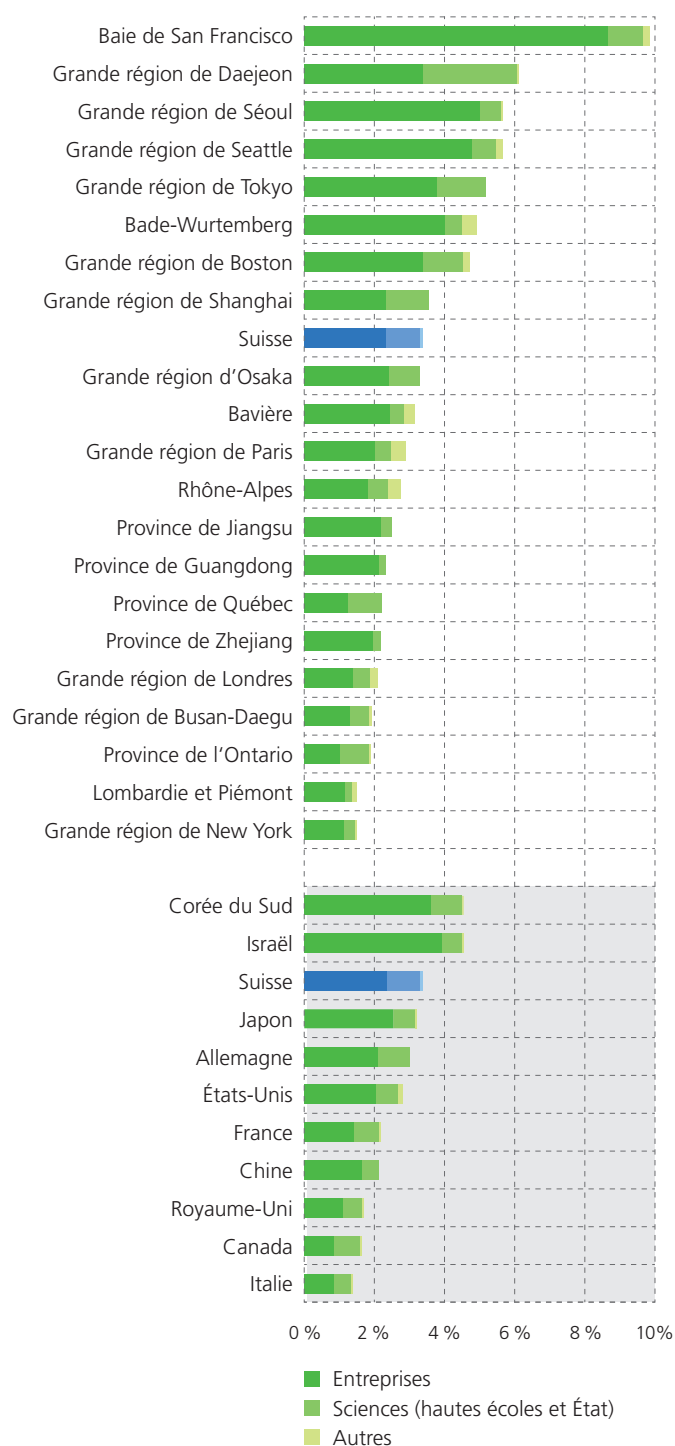
	Superficie (1000 km ²)	Habitants (mio)	PIB (mia EUR)	PIB/habitant (EUR)
États-Unis				
Baie de San Francisco	26,3	8,82	729	82 600
Grande région de New York	34,5	23,72	1678	70 700
Grande région de Boston	22,9	8,21	506	61 600
Grande région de Seattle	28,9	4,76	329	69 100
Canada				
Ontario (Province)	1076	13,98	541	38 700
Sud de l'Ontario*	126,8	12,83		
Québec (Province)	1667	8,32	271	32 600
Sud du Québec*	147,7	6,95		
Japon				
Grande région de Tokyo	32,4	42	1612	37 500
Préfecture de Tokyo	2,2	13,52	809	59 800
Grande région d'Osaka	33,1	20,73	634	30 600
Préfecture d'Osaka	1,9	8,84	301	34 000
Corée du Sud				
Grande région de Séoul	11,8	25,37	631	24 900
Grande région de Daejeon	16,6	5,49	163	29 700
Grande région de Busan-Daegu	32,3	13,11	318	24 300
Chine				
Province de Jiangsu	102,7	79,6	813	10 300
Province de Zhejiang	104,1	55,08	514	9 400
Grande région de Shanghai	6,3	24,26	297	12 500
Province de Guangdong	179,8	107,24	850	8 000
Europe				
Bade-Wurtemberg	35,8	11,02	496	45 000
Bavière	70,6	13	598	46 000
Lombardie et Piémont	49,3	14,41	514	35 600
Rhône-Alpes	43,7	6,62	227	34 300
Grande région de Paris	12	12,18	709	58 200
Grande région de Londres	40,6	24,22	1093	45 100
Suisse	41,3	8,48	601	70 900

PIB en milliards d'euros convertis aux taux de change

Pour le Canada, l'analyse est effectuée au niveau provincial. Une grande partie de la population et donc des activités économiques sont concentrées dans des sous-régions relativement petites au sein des provinces.

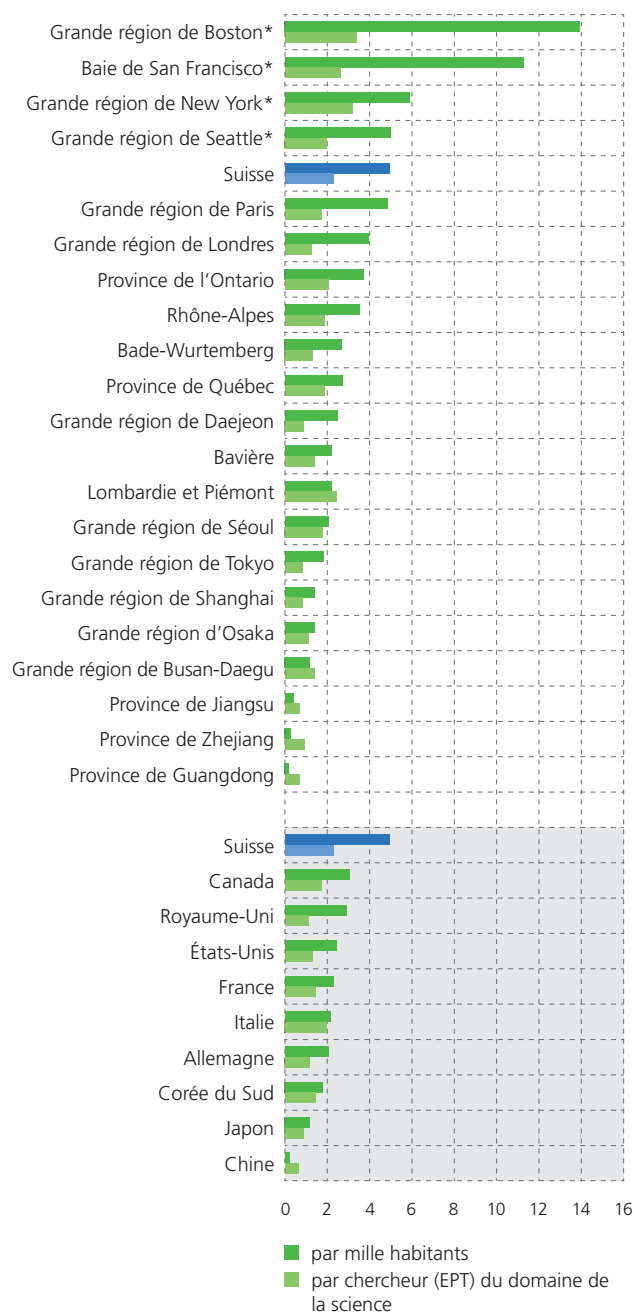
Sources : divers offices statistiques nationaux

Graphique B 13.3 : Dépenses de R-D des régions de l'innovation en pourcentage du PIB, 2013/2017

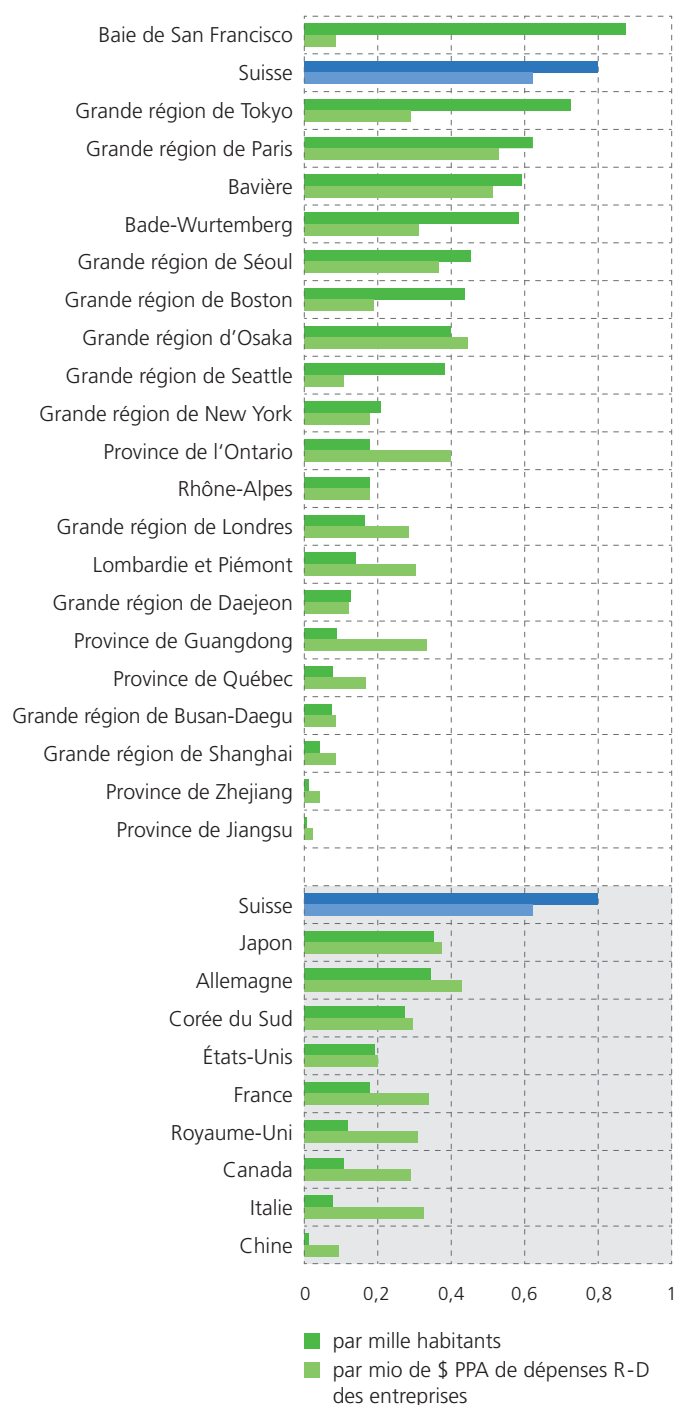


Autres : organisations privées d'utilité publique effectuant de la R-D
Dernière année disponible : régions japonaises (2017), régions italiennes, britanniques et sud-coréennes (2016), régions allemandes, américaines et canadiennes (2015), régions françaises et chinoises (2013)
Sources : OCDE, Eurostat, NSF, calculs ZEW

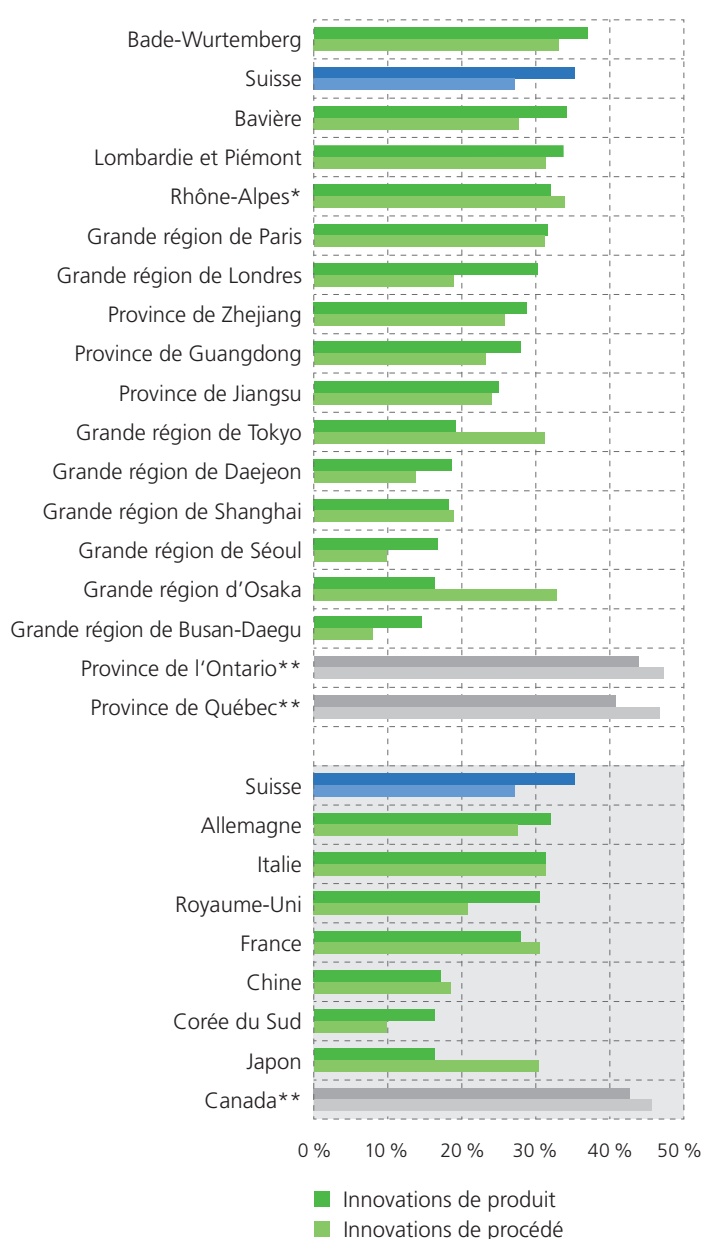
Graphique B 13.4 : Nombre de publications scientifiques par mille habitants et par chercheur actif dans le secteur Science dans les régions de l'innovation, moyenne 2008–2017



*Le nombre de chercheurs en équivalents plein temps (EPT) pour les régions des États-Unis sont des valeurs estimées.
Source : Web of Science (WoS), calculs Fraunhofer-ISI et ZEW

Graphique B 13.5 : Intensité de brevets dans les régions de l'innovation (moyenne 2008–2016)

Sources : OCDE, Regpat, calculs ZEW

Graphique B 13.6 : Part des entreprises innovantes (produit ou procédé) dans les régions de l'innovation, 2016/2017

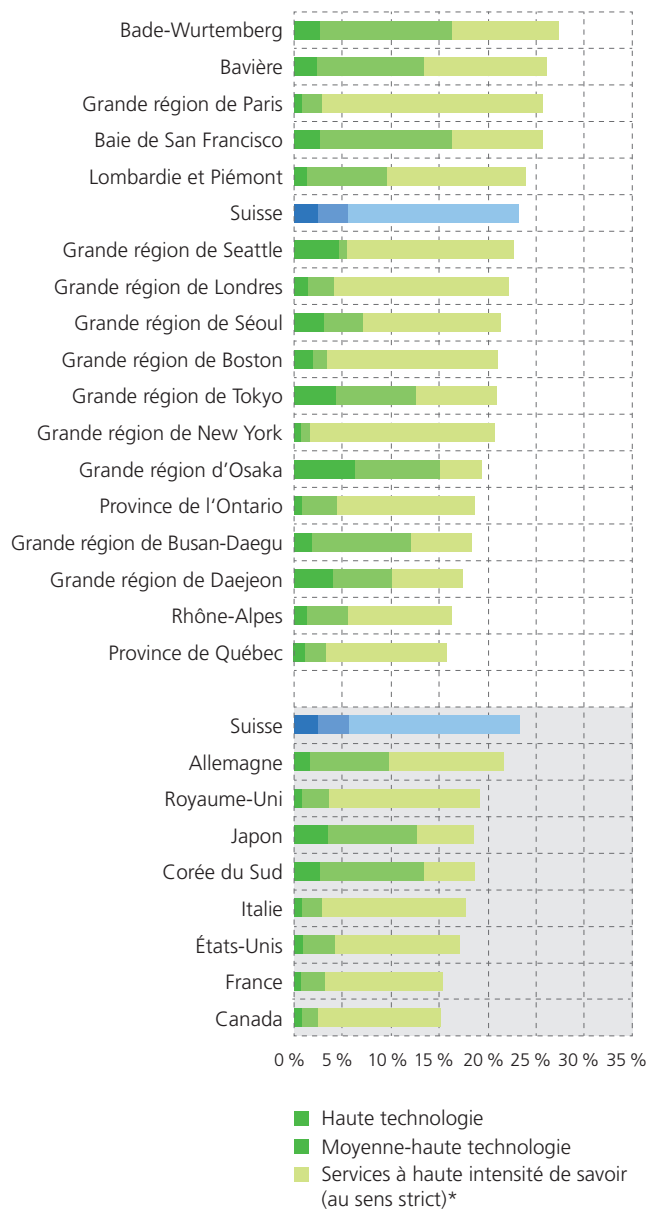
*Rhône-Alpes y compris la région Auvergne

**Pour les régions canadiennes, les données sont des valeurs estimées issues d'enquêtes et ne peuvent être comparées que de manière limitée aux standards des enquêtes sur l'innovation. De même, la délimitation des branches n'est pas directement comparable avec celle sur laquelle se fondent les enquêtes sur l'innovation en Suisse et dans l'UE.

Données non disponibles : États-Unis

Sources : NBSC, NISTEP, STATCAN, STEPI, ZEW, calculs du ZEW

Graphique B 13.7 : Part de l'emploi affecté aux branches à forte intensité de savoir dans les régions de l'innovation, 2018



Exceptions à l'année de référence 2018 : Corée du Sud (2015), États-Unis (2015), Japon (2013)

*Information et communication, services financiers, scientifiques et techniques ainsi que les professions libérales

Données pour les régions chinoises non disponibles

Sources : Eurostat, STATSCAN, Statistics Japan, NISTEP, Statistics Korea, U.S. Census Bureau, calculs du ZEW



PARTIE C: THÈMES SPÉCIFIQUES



Le bâtiment modulaire de recherche et d'innovation NEST accélère le processus d'innovation dans le domaine de la construction. NEST dépend du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux et de recherche (EMPA) et de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (Eawag), deux institutions du domaine des EPF qui relève lui-même de la Confédération. Il permet de tester, d'étudier, de développer et de valider des technologies, des matériaux et des systèmes. L'étroite coopération entre des partenaires issus de la recherche, de l'économie et du secteur public permet d'introduire plus rapidement sur le marché des technologies innovantes dans le domaine de la construction et de l'énergie. Illustration : Zoëy Braun, Stuttgart

Contenu partie C

Étude 1 : Contribution de la formation professionnelle à l'innovation	133
Étude 2 : L'apport des sciences humaines et sociales à l'innovation	169
Étude 3 : Innovations dans le domaine des services	201
Introduction aux études 4 & 5 : Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse	237
Étude 4 : Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des entreprises	243
Étude 5 : Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques	273
Étude 6 : Protection de la propriété intellectuelle et innovation en Suisse	311
Étude 7 : La numérisation, moteur de modèles commerciaux novateurs	341

La partie C contient des analyses approfondies de questions d'importance centrale pour le système suisse de recherche et d'innovation. À cet effet, les groupes d'experts et d'accompagnement chargés du suivi du présent rapport (voir annexe 3) ont identifié et priorisé différents thèmes à l'intention du SEFRI. Le choix final s'est porté sur sept thèmes.

Les sept études ont été rédigées par des scientifiques. L'élaboration de chaque étude a été accompagnée par un groupe de projet (voir annexe 3).

La partie C contient une version courte de chaque étude. Les études complètes ont été publiées dans la collection du SEFRI.

PARTIE C : ÉTUDE 1

**Contribution de la formation
professionnelle à l'innovation**

Synthèse

En Suisse, la formation professionnelle apporte une contribution essentielle à l'innovation dans les entreprises et à la capacité d'innovation de l'ensemble de l'économie. Elle garantit que les travailleuses et travailleurs bénéficient des qualifications professionnelles requises pour innover. Elle leur propose aussi de nombreuses possibilités de qualifications supérieures. Elle contribue ainsi à faire progresser les innovations et crée les conditions optimales pour faire face à la transition induite par l'innovation sur le marché du travail. La présente étude fait ressortir les caractéristiques du système suisse de formation professionnelle, qui sont importantes pour la capacité d'innovation, et indique les principaux défis à relever. On distingue à cet égard trois niveaux (système, entreprise et individu).

La formation professionnelle initiale (degré secondaire II) forme des spécialistes possédant des connaissances professionnelles pratiques et un large éventail de compétences générales. Cette formation s'effectue sur la base de plans de formation dont les contenus sont régulièrement tenus à jour et orientés vers les exigences du marché du travail. Les hautes écoles spécialisées, dont les étudiants sont principalement issus de la formation professionnelle, apportent également une contribution importante à la capacité d'innovation. Elles constituent une filière de promotion attrayante pour les diplômés de la formation professionnelle. Dans les entreprises, ces derniers jouent un rôle de passerelle important entre, d'une part, les connaissances professionnelles pratiques et, d'autre part, les découvertes issues de la recherche appliquée et de la recherche universitaire fondamentale.

Le développement systématique des compétences dites « soft skills », telles que l'esprit d'équipe, l'organisation autonome ou le sens de la communication prépare indirectement les individus aux innovations dans le cadre de la formation professionnelle. D'un point de vue de la capacité d'innovation, la diversité des possibilités de qualification supérieure et de promotion constitue également un atout du système suisse de la formation et permet de faire face aux évolutions constantes.

L'analyse au niveau du système montre que, d'une part, un partenariat fructueux et, d'autre part, la forte perméabilité du système de formation (professionnelle) sont des éléments décisifs pour la capacité d'innovation. La Confédération, les cantons et les organisations du monde du travail, y compris les entreprises, collaborent dans le cadre de ce partenariat. La mise à jour systématique et continue des plans de formation est déterminante pour garantir un effet de la formation professionnelle initiale sur l'innovation. Elle se fait dans le cadre d'un processus de réforme cyclique. Pour garantir son impact, il est essentiel que les entreprises gravitent à

la pointe de l'innovation et apportent ainsi les connaissances les plus récentes. La perméabilité inhérente au système de formation (professionnelle) constitue le deuxième élément essentiel de la capacité d'innovation au niveau du système. Une perméabilité horizontale et verticale élevée crée de bonnes conditions pour que les spécialistes puissent s'adapter aux exigences en mutation en matière d'innovations au cours de leur formation et de leur carrière professionnelle. L'un des défis au niveau du système consiste à assurer un équilibre convenable des intérêts entre les exigences que les différents types d'entreprises et de branches imposent à la formation professionnelle. Un pilotage et une coordination systémiques adéquats entre les institutions de formation professionnelle et les institutions de formation académique représentent un deuxième défi. Une confusion des profils des hautes écoles spécialisées et des formations professionnelles supérieures ou des hautes écoles spécialisées et des universités met en péril les atouts du système de formation suisse.

Les analyses au niveau de l'entreprise montrent qu'une large participation d'entreprises et un divers mélange de compétences (« Skill mix ») propre à l'entreprise constituent deux aspects importants pour garantir un impact de la formation professionnelle sur l'innovation. La large participation de différents types d'entreprises à la formation professionnelle initiale constitue un bon levier pour diffuser le savoir en matière d'innovation.

Plusieurs défis se posent au niveau des entreprises: premièrement, il s'agit de maintenir leur participation au système de formation professionnelle et leur collaboration dans le cadre du partenariat. Deuxièmement, il est essentiel de d'acquérir et d'intégrer de nouvelles entreprises, aussi des entreprises internationales, pour que le système de formation professionnelle puisse fonctionner. Un troisième défi réside en la difficulté croissante de recruter des apprentis adéquats.

Du point de vue de l'individu, des analyses montrent clairement que, pour les diplômés ambitieux de la formation professionnelle, des perspectives avantageuses de carrière et d'emploi représentent un premier aspect essentiel de la capacité d'innovation du système de formation professionnelle. Les multiples possibilités de qualification supérieure au degré tertiaire et de formation continue tout au long de la vie constituent un autre aspect. Au niveau de l'individu, le principal enjeu consiste à maintenir l'attractivité de la formation professionnelle chez les jeunes hautement qualifiés, afin que ceux-ci, malgré un bon revenu, des options de carrière et des possibilités de promotion grâce à des formations professionnelles, ne s'orientent pas de façon accrue en direction d'une formation académique.

Le texte suivant est la version courte d'une étude réalisée par la Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner et le Dr. Curdin Pfister (Université de Zurich). La version longue de l'étude est parue dans le cadre de la collection du SEFRI (www.sbf.admin.ch).

Contenu étude 1

1.1	Introduction	139
1.2	Niveau du système : caractéristiques structurelles du système suisse de formation professionnelle pertinentes pour l'innovation	142
1.2.1	Conditions cadres légales et institutionnelles du système suisse de formation professionnelle	
1.2.2	Des profils de compétences axés sur l'avenir grâce à l'actualisation régulière des programmes	
1.2.3	Perméabilité du système éducatif et capacité d'adaptation des diplômés de la formation professionnelle en cas de nouvelles exigences en termes de qualifications	
1.2.4	Rôle des organisations du monde du travail en lien avec la capacité d'innovation du système suisse de formation professionnelle	
1.2.5	Mélange de compétences (skill mix) professionnelles et académiques et innovation : constats empiriques	
1.3	Niveau des entreprises	152
1.3.1	Participation des entreprises à la formation professionnelle initiale et demande de places d'apprentissage	
1.3.2	Diversité des formations et résultats en matière d'innovation dans les entreprises	
1.3.3	Diversité des formations et diffusion des connaissances à plusieurs niveaux	
1.3.4	Médiateurs du lien entre structures de qualification et innovation : la stratégie d'entreprise et la politique en matière d'organisation et de personnel	
1.4	Niveau individuel	157
1.4.1	Flexibilité et mobilité professionnelle dans le contexte de nouvelles exigences liées au travail	
1.4.2	Qualification individuelle supérieure et formation continue en réponse aux exigences croissantes liées à l'emploi	
1.4.3	Parcours professionnels, possibilités d'avancement et incitations à la formation continue et à l'innovation	
1.5	Conclusions et défis	163

1 Contribution de la formation professionnelle à l'innovation

1.1 Introduction

En Suisse, la formation professionnelle contribue dans une large mesure à l'innovation dans les entreprises et à la capacité d'innovation de l'économie dans son ensemble. Elle apporte les qualifications professionnelles nécessaires aux innovations, permet à celles-ci d'avancer et crée les conditions indispensables à la maîtrise des changements induits par l'innovation sur le marché du travail.

La suite du présent rapport examine ces corrélations plus en détail. Elle aborde aussi bien les bases que les répercussions correspondantes et les défis à venir. Ce chapitre commence par clarifier les notions utilisées dans l'étude avant de décrire brièvement et dans les grandes lignes les bases institutionnelles du système actuel de la formation professionnelle suisse. Il s'achève par une précision de la problématique et une orientation concernant la suite de l'étude.

Définitions

Dans la présente étude, le terme « formation professionnelle » regroupe toutes les filières de formation du degré secondaire II qui mènent à l'obtention d'un diplôme formel. L'accent est mis sur la formation professionnelle initiale, qui concerne environ 70 % d'une classe d'âge (CSRE, 2018). En outre, l'étude examine brièvement les filières de promotion typiques qui s'offrent aux diplômés d'une formation professionnelle initiale au degré tertiaire, car celles-ci constituent un élément et un facteur de réussite importants du système suisse de formation professionnelle. À côté de la formation professionnelle supérieure, ces filières de promotion au degré tertiaire sont principalement les hautes écoles spécialisées (HES), dont les étudiants sont en général composés de diplômés de la formation professionnelle. La création des hautes écoles spécialisées a donc largement contribué au renforcement de l'attrait du système de formation professionnelle et à la capacité d'innovation.

La présente étude se concentre toutefois en premier lieu sur la formation professionnelle initiale et sur l'apprentissage dual. Les formations professionnelles initiales se distinguent par l'association de trois lieux de formation et la transmission des contenus de la formation selon un programme¹ officiel et contraignant. Les lieux de formation sont les entreprises (en général trois à quatre jours par semaine), les écoles professionnelles (en général un à deux jours par semaine) et les cours interentreprises dispensés dans des centres de formation (durée moyenne de 16 à 30 jours selon la profession).

¹ On regroupe sous le terme « programme » tout ce qui établit les contenus d'une formation professionnelle initiale. Il s'agit des compétences opérationnelles qui caractérisent une profession et qui sont définies dans les ordonnances sur la formation professionnelle initiale et les plans de formation correspondants, ainsi que dans l'ordonnance concernant les conditions minimales relatives à la culture générale dans la formation professionnelle initiale.

La présente étude emploie le terme « innovation » dans un sens très large, basé sur la définition du Manuel d'Oslo (OCDE & Eurostat, 2018). Elle englobe tous les types d'innovations mentionnés dans ce dernier. Toutefois, lorsque les études de référence se limitent explicitement à des types d'innovations très précis, le présent document reprend bien entendu également des définitions plus restrictives.

Grandes lignes du système éducatif actuel de la Suisse

Le système éducatif suisse (graphique C 1.1) se caractérise en particulier par le fait qu'il s'articule autour de deux piliers, l'un professionnel et l'autre académique, qui s'inscrivent dans la continuité de l'école obligatoire. Conçu selon le principe « pas de diplôme sans passerelle vers d'autres formations », il donne accès pour tous les diplômés du degré secondaire II à une offre variée de voies de formation formelles au degré tertiaire. Cela concerne aussi bien les diplômés de la formation professionnelle initiale que les titulaires d'une maturité gymnasiale ou les diplômés d'une école de culture générale.

La diversité du système éducatif suisse qui apparaît au graphique C 1.1 représente un avantage pour la capacité d'innovation, car elle propose différentes possibilités de formation pour répondre aux multiples intérêts, capacités, tendances et exigences du marché du travail.² Ces possibilités sont étroitement reliées au sein de ce système, ce qui garantit une grande perméabilité. La perméabilité et les passerelles au sein du système éducatif et vers le marché du travail sont pour leur part nécessaires aux processus d'apprentissage tout au long de la vie qui, à leur tour, sont déterminants pour la mise en œuvre d'innovations, en particulier dans les sociétés vieillissantes (voir chapitres 1.3 et 1.4). Avec ses deux piliers, sa diversité et sa perméabilité intrinsèque, le système éducatif suisse pose les bases requises en termes de qualifications pour l'innovation dans les entreprises.

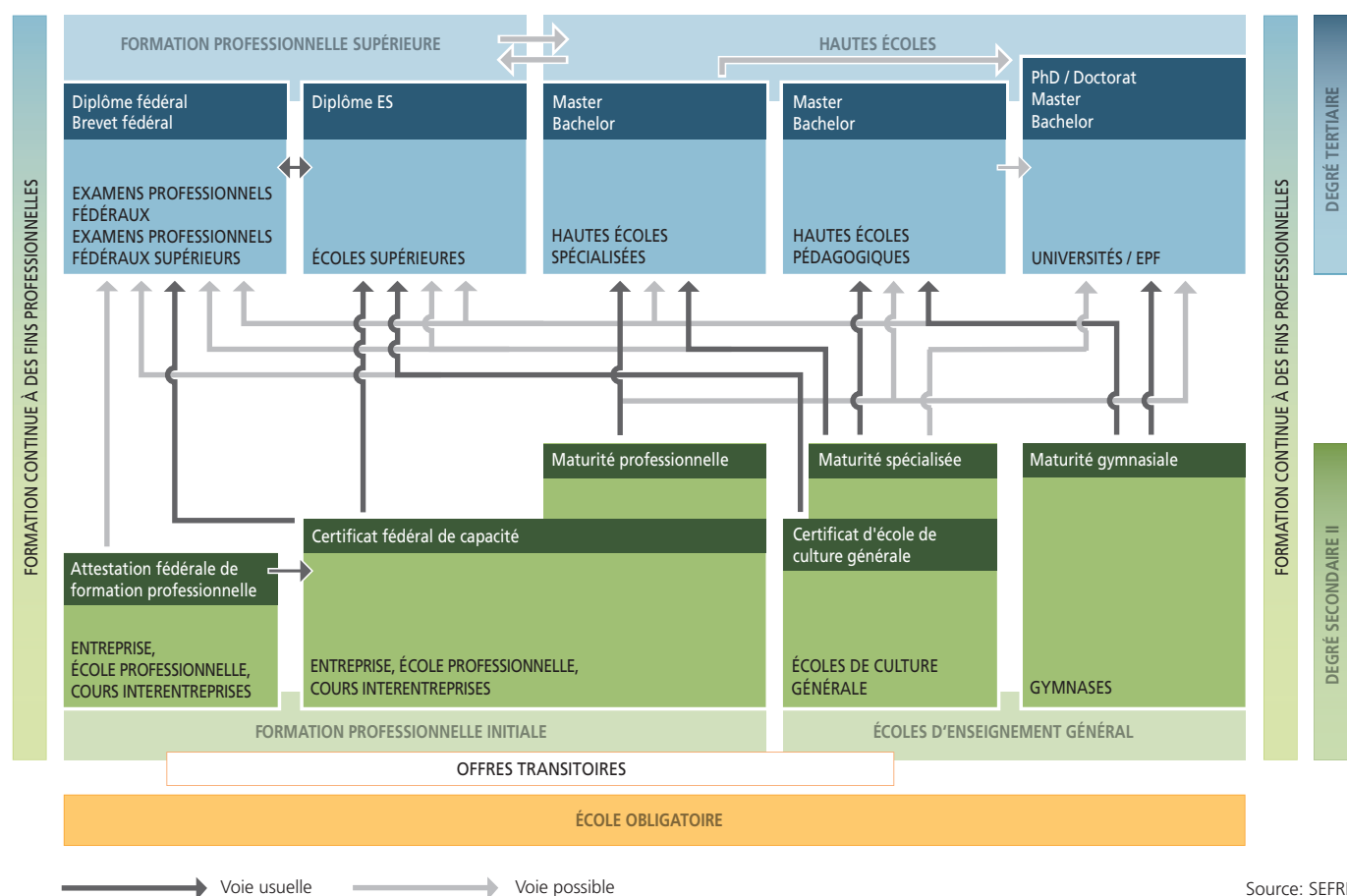
Les économies innovantes étant constamment amenées à relever de nouveaux défis, la capacité du système de formation professionnelle à évoluer, qui sera abordée ci-après, revêt également une importance capitale.

Le système suisse de formation (professionnelle) et ses développements récents pertinents pour l'innovation

Le Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI) a dressé une vue d'ensemble schématique concernant l'historique des développements du système éducatif suisse, qui montre que celui-ci (comme le système de recherche et d'innovation) a été soumis à des changements permanents depuis ses débuts (SEFRI, 2018b). La suite expose les grandes lignes des ré-

² De plus amples informations concernant le système éducatif suisse sont disponibles par exemple dans les rapports sur l'éducation 2007, 2010, 2014 et 2018 du Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation, sur le site internet du SEFRI (<https://www.sbf.admin.ch/sbf/fr/home/formation/fps/examens-federaux.html>) ou du Serveur suisse de l'éducation (<https://systemeeducatif.educa.ch/fr/>).

Graphique C 1.1 : Système éducatif suisse



formes qui, d'une part, présentent un lien avec la formation professionnelle initiale et, de l'autre, ont exercé une influence directe ou indirecte sur la capacité d'innovation de l'économie.

Dans les années 1990, la création des hautes écoles spécialisées a constitué un changement majeur. Ces nouvelles institutions de formation ont été mises en place notamment dans le but de renforcer l'attrait des cursus de formation professionnelle et d'offrir de nouvelles opportunités de promotion aux personnes ayant terminé un apprentissage. Elles entendaient également encourager la collaboration entre l'économie privée et les institutions de recherche ainsi qu'accroître la force économique et la capacité d'innovation (régionales) en mettant l'accent sur la recherche appliquée et le développement (voir chapitres 1.2 et 1.3). La maturité professionnelle, critère d'admission aux études HES, a également été remaniée en amont dans le contexte de la création des HES.

Mais c'est la loi fédérale sur la formation professionnelle (LFPr), entrée en vigueur en 2004, qui a représenté l'un des principaux changements. Elle régit à elle seule l'ensemble des professions de la formation professionnelle. L'introduction de cette loi a eu pour effet non seulement de remplacer tous les règlements d'apprentissage par des ordonnances sur la formation professionnelle initiale, mais

aussi d'établir un processus standard continu d'actualisation des programmes dont l'objectif est de garder à jour les formations professionnelles initiales. La LFPr définit en outre les organes des partenaires de la formation professionnelle (Confédération, cantons, organisations du monde du travail) indispensables à ce processus. Elle est donc centrale pour le pilotage stratégique de la formation professionnelle, mais aussi pour la capacité d'innovation du système de formation professionnelle lui-même (voir chapitres 1.2 et 1.3).

Précision de la problématique

Les analyses approfondies qui suivent visent à identifier les caractéristiques structurelles du système suisse de formation professionnelle et de ses institutions, processus et acteurs, qui jouent un rôle déterminant en termes de capacité d'innovation. Elles n'ont pas l'ambition de prendre en compte tous les aspects de la formation professionnelle duale en Suisse, qui peuvent dépasser largement la question de l'innovation et qui sont étudiés dans d'autres contextes (voir p. ex. les champs de recherche étendus et les publications des Leading Houses financées par le SEFRI dans le domaine de la formation professionnelle).³

³ Pour des contributions dans le domaine de la recherche sur l'économie de la formation professionnelle en Suisse, voir en particulier la Leading House Économie de la formation professionnelle: <http://www.educationeconomics.uzh.ch/en.html>.

Identification des effets causals et données manquantes, problèmes majeurs des études d'impact empiriques

Identification des effets causals

Le problème principal qui se pose lors de l'évaluation de l'impact de la formation professionnelle sur l'innovation – comme lors de toute autre mesure de politique économique – est l'identification des effets causals (pour plus de détails, voir la version longue de la présente étude). Il ne suffit pas de comparer les valeurs moyennes d'entreprises avec et sans formation professionnelle relatives à un ensemble d'innovations (p. ex. dépôt de brevets) pour démontrer l'existence de rapports de cause à effet. Il faut tout d'abord s'assurer qu'il n'y ait pas d'autres facteurs susceptibles d'être à l'origine des différences constatées. Une « causalité inverse » peut également engendrer une corrélation entre la variable de résultat « innovation » et une mesure.

Un exemple théorique permet d'illustrer ce phénomène. Une corrélation positive qui apparaît entre une mesure d'encouragement prise par une entreprise et le succès de l'entreprise ne s'explique pas forcément par un effet causal positif de la mesure d'encouragement sur l'entreprise. Il est plus probable que, de manière générale, les entreprises qui connaissent le succès économique réussissent également mieux à trouver des fonds pour financer des mesures d'encouragement (Kugler et al., 2014). D'autres raisons potentielles sont les spécificités non mesurées ou non mesurables de l'entreprise (omitted variables), qui sont pourtant le moteur de sa réussite. Pour réaliser une analyse causale, il faudrait en réalité connaître le résultat qu'obtiendrait la même entreprise « avec mesure » et « sans mesure » (autrement dit en situation contrefactuelle). Or la non-participation, soit la situation contrefactuelle, ne peut jamais être observée si l'entreprise a participé à la mesure. C'est la raison pour laquelle la

recherche essaie de déterminer le plus précisément possible, en utilisant des méthodes économétriques et en sélectionnant les groupes de référence appropriés, quel aurait été le résultat « sans mesure » (l'étude de Pfister et al. (2018) concernant les effets de la création des HES sur les activités liées au dépôt de brevets, citée dans le présent rapport, propose un exemple de solution économétrique au problème).

Données manquantes

Un autre problème qui se pose lors des études d'impact empiriques réside dans le fait que les différentes méthodes statistiques utilisées dans les études d'impact causales nécessitent une bonne base de données. Les données longitudinales ou données de panel – qui concernent tant des individus que des entreprises – sont particulièrement utiles pour ce type d'études. Or en Suisse, elles ne sont malheureusement pas disponibles pour de nombreuses problématiques ou le sont de manière très sélective seulement et il est difficile de les relier. La mise en relation de différentes sources de données peut pourtant élargir sensiblement les possibilités dans le cadre des études d'impact statistiques. Cela nécessite des identificateurs d'entreprises et/ou de personnes qui permettent de relier différentes sources de données (p. ex. les données relatives à la formation avec celles qui concernent le marché du travail ou l'innovation) et de les analyser ensemble. La facilité d'accès à ces données pour les chercheurs est également un facteur décisif. Les centres de résultats de recherche (gérés en coopération avec les services statistiques ou les autorités) simplifient beaucoup le travail et sont désormais la norme en Europe (voir p. ex. les centres de résultats de recherche de Statistics Denmark, ou encore l'IAB ou le BIBB).

Les analyses partent du constat selon lequel la contribution de la formation professionnelle à l'innovation résulte de l'interaction entre trois niveaux: le niveau du système (État compris), où se déroule le pilotage du système dans son ensemble et des parties scolaires de la formation,⁴ le niveau des entreprises, qui joue un rôle dans la qualité et le volume de la formation en entreprise, ainsi que le niveau individuel, qui détermine surtout les talents disponibles pour la formation professionnelle et formés dans ce contexte.

Les résultats de recherche d'autres domaines sont publiés sous les autres Leading Houses financées par le SEFRI (www.sbf.admin.ch/leading-houses) et dans la banque de données du CSRE concernant les projets de recherche en éducation menés en Suisse (www.skbf-csre.ch/bildungsforschung/datenbank/).

⁴ Si les écoles obligatoires, les gymnases et les hautes écoles universitaires font partie de la sphère de compétence des cantons, la formation professionnelle est réglementée par la Confédération et pilotée dans le cadre du partenariat sur la formation professionnelle, autrement dit avec l'implication d'acteurs étatiques et économiques.

Les analyses se concentrent sur les spécificités du système suisse de formation professionnelle et sur des études empiriques basées sur des données suisses. Il s'agit d'évaluer l'impact des différentes mesures et caractéristiques du système de formation professionnelle sur l'innovation. Lorsque les analyses causales font défaut en raison du manque de données (voir encadré ci-dessus), les auteurs mettent en évidence des relations descriptives simples dont ils tirent des conclusions prudentes. Lorsque ces relations sont susceptibles d'être généralisées ou que les données suisses appropriées pour les analyses correspondantes font défaut, les auteurs font référence aux conclusions d'études comparatives internationales (pour une vue d'ensemble, voir Wolter & Ryan, 2011) et à des systèmes éducatifs étrangers (en particulier ceux qui disposent d'une formation professionnelle duale, mais également, pour ce qui est des dysfonctionnements, à ceux qui n'ont pas de formation professionnelle).

1.2 Niveau du système : caractéristiques structurelles du système suisse de formation professionnelle pertinentes pour l'innovation

Le présent chapitre commence par décrire brièvement les conditions cadres légales et institutionnelles du système suisse de formation professionnelle pour ensuite examiner en détail les caractéristiques du système qui sont particulièrement pertinentes du point de vue de l'innovation et analyser leur impact.⁵ Les analyses reposent principalement sur la littérature économique, mais se réfèrent également – dans certains cas – aux sciences politiques, à la sociologie, à la pédagogie ou à d'autres disciplines.

Des études comparatives, menées en particulier au niveau international, ont mis en exergue deux aspects importants pour le bon fonctionnement d'un système de formation professionnelle (voir Bolli et al., 2018a; Busemeyer & Trampusch, 2012; Wolter & Ryan, 2011).

- La participation de tous les acteurs déterminants est un aspect central. Dans le système suisse de formation professionnelle, les organisations du monde du travail (organisations patronales, syndicats et associations professionnelles) sont très impliquées aux côtés de l'État (Confédération et cantons). Elles jouent un rôle crucial notamment dans la conception et la réforme des formations professionnelles (initiales) (voir chapitres 1.2.2 et 1.2.4). Les entreprises sont également des acteurs importants, tout comme les organisations de travailleurs lorsque des conventions collectives ont été conclues. En proposant des places de formation, les entreprises contribuent largement à l'administration et au financement de la formation professionnelle initiale ainsi qu'à la diffusion des connaissances (voir chapitre 1.3).
- Le deuxième aspect important concerne la manière dont ces différents acteurs interagissent. Des études comparatives internationales affirment que les systèmes de formation professionnelle efficaces se distinguent par une organisation placée sous le signe de la coopération entre des acteurs étatiques et le monde du travail (voir Bolli et al. 2018a; Busemeyer & Trampusch, 2012; Wolter & Ryan, 2011). Une des caractéristiques du système suisse est que la Confédération, les cantons et les organisations du monde du travail (entreprises comprises) collaborent dans le cadre du partenariat sur la formation professionnelle. Les conditions cadres et les détails de cette organisation collective en partenariat sont examinés plus en détail ci-après.

1.2.1 Conditions cadres légales et institutionnelles du système suisse de formation professionnelle

En Suisse, la réglementation de la formation professionnelle fait partie des compétences de la Confédération. La formation professionnelle est ainsi gérée de manière uniforme à l'échelle nationale

en ce qui concerne ses principales directives et bases et ses contenus de formation les plus importants (art. 63 de la Constitution fédérale). Outre la Confédération, les cantons et les organisations du monde du travail (Ortra) sont des acteurs du système de formation professionnelle et accomplissent la tâche qui leur est confiée par la loi fédérale sur la formation professionnelle (art. 1, al. 1, LFPr) dans le cadre du partenariat sur la formation professionnelle (SEFRI, 2017a).

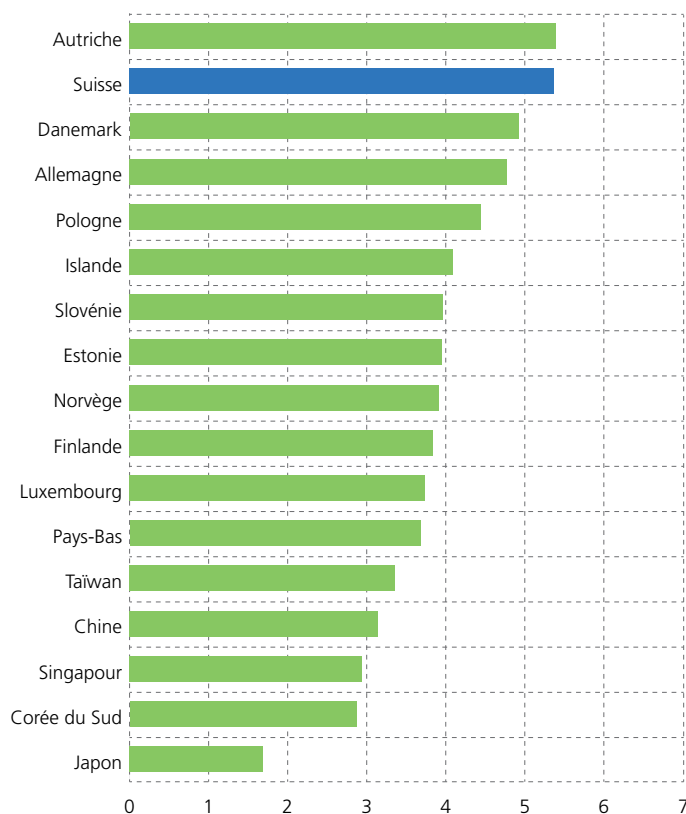
La Confédération assume le pilotage stratégique et veille au développement du système de formation professionnelle. D'une part, elle est compétente pour les bases légales telles que la LFPr et l'ordonnance sur la formation professionnelle (OFPr). D'autre part, elle édicte les nouvelles ordonnances sur la formation professionnelle initiale ou des révisions de celles-ci sur demande des Ortra (art. 19 LFPr) et approuve les règlements d'examen de la formation professionnelle supérieure (art. 28 LFPr) et les plans d'études cadres des écoles supérieures (art. 8, al. 2, OCM ES). La Confédération joue donc un rôle important dans l'assurance de la qualité et dans le développement de la formation professionnelle. Le SEFRI fonctionne comme centre de compétences de la Confédération pour les questions de portée nationale et internationale relevant de la politique de formation, de recherche et d'innovation (SEFRI, 2017a).

Les cantons sont responsables de la mise en œuvre, autrement dit de l'exécution (au moyen de dispositions d'exécution) de la LFPr et des ordonnances sur la formation professionnelle initiale, ainsi que de la surveillance de la formation scolaire et en entreprise (art. 24 LFPr).

Les organisations du monde du travail (Ortra) sont compétentes pour les contenus de formation et les places d'apprentissage. Font partie des Ortra selon la loi fédérale sur la formation professionnelle (art. 1 LFPr, 2002) les associations professionnelles et les organisations de branche, les partenaires sociaux et d'autres organisations et prestataires de la formation professionnelle, et donc indirectement aussi les entreprises formatrices. Alors que les organisations faitières (p. ex. l'Union patronale suisse ou l'Union syndicale suisse à l'échelle nationale) sont surtout actives au niveau politique et traitent des questions générales portant sur la formation professionnelle, les associations professionnelles et de branche s'occupent chacune des préoccupations de leurs professions ou de leur branche. Les Ortra sont responsables de la création et de la révision des ordonnances sur la formation professionnelle initiale et des plans de formation correspondants. Elles définissent donc les contenus des formations et prennent l'initiative lorsqu'il s'agit de réformer les professions existantes ou de développer de nouvelles professions. En outre, elles gèrent souvent des établissements de formation (où se déroulent p. ex. des cours interentreprises, des préparations aux examens fédéraux ou des formations continues à des fins professionnelles), délèguent des experts aux procédures de qualification et interviennent au niveau de la formation professionnelle supérieure (examens professionnels fédéraux, examens professionnels fédéraux supérieurs et offres de formation des écoles supérieures) tant sur le plan de la conception que de

⁵ À côté des caractéristiques pertinentes pour l'innovation, le développement du système en soi est également important. Il nécessite des discussions stratégiques et des processus institutionnalisés menés à intervalles réguliers, tels que ceux proposés dans le cadre du processus stratégique Formation professionnelle 2030.

Graphique C 1.2 : Indice de couplage éducation-emploi (indice EELI) - comparaison des pays



Indice EELI : indice qui présente l'interconnexion du marché du travail et du système de formation professionnelle sur une échelle de 0 (aucune) à 7 (interconnexion forte)
Source : illustration de Backes-Gellner & Pfister (sur le modèle de Renold et al., 2016)

l'exécution. Les Ortra ont une influence majeure sur les contenus et sur les aspects conceptuels et stratégiques de la formation professionnelle.

Lien entre système de formation professionnelle et marché du travail : un élément central

La collaboration entre la Confédération, les cantons et les Ortra dans le cadre du partenariat sur la formation professionnelle est l'une des principales caractéristiques du système suisse de formation professionnelle, car elle assure le lien entre ce système et les besoins du marché du travail (économie), si important pour la réussite sur ce marché et pour la capacité d'innovation. Comme le montre le graphique C 1.2, la Suisse est très bien positionnée en ce qui concerne l'indice de couplage du marché du travail et du système de formation, avec un résultat supérieur à 5 sur une échelle allant de 0 à 7. Aux côtés de l'Autriche, elle occupe la première place en comparaison internationale (voir Caves & Renold, 2016 ; CSRE, 2018).

Deux avantages découlent de ce couplage systémique du système de formation et du marché du travail :

- Premièrement, des informations et des ressources issues des deux domaines peuvent être utilisées de manière systématique

en vue d'un développement porteur du système dans son ensemble et des différents profils professionnels.

- Deuxièmement, le couplage institutionnalisé de la formation professionnelle et du marché du travail donne une impulsion vigoureuse au développement de la formation professionnelle. Les entreprises novatrices, qui sont continuellement exposées à la concurrence du marché, ont tout intérêt à transmettre des qualifications actuelles (et donc compétitives) et à mettre à jour en conséquence les programmes des formations qui les concernent.

1.2.2 Des profils de compétences axés sur l'avenir grâce à l'actualisation régulière des programmes

Dans une économie, l'une des conditions indispensables de la capacité d'innovation est l'existence d'une main-d'œuvre ayant acquis, après la première formation, des qualifications à la pointe de la technique. Celles-ci constituent une base pour l'apprentissage tout au long de la vie et permettent aux travailleurs de relever constamment de nouveaux défis au cours de leur vie active. La mise en place de cette condition passe par la conception de programmes appropriés dans le cadre de la formation professionnelle duale.

Les programmes contiennent non seulement des compétences techniques et professionnelles, mais aussi des compétences sociales et méthodologiques :

- Premièrement, les compétences professionnelles prévues dans le programme doivent correspondre aux dernières normes technologiques en vigueur dans la profession concernée (art. 15, al. 1 et 2, LFPr, 2002), afin que la main-d'œuvre formée puisse être engagée de manière efficace dans des processus de production modernes et soit ouverte et préparée à l'introduction de nouvelles technologies et de nouveaux processus. Les contenus de ce type de programmes orientés vers l'avenir doivent être adaptés en continu et tenus à jour sur le plan technologique dans le cadre d'un processus d'actualisation systématique.
- Deuxièmement, les compétences sociales et méthodologiques définies dans le programme doivent jeter les bases d'un apprentissage tout au long de la vie (art. 15, al. 2, LFPr). Elles visent à aider les diplômés de la formation professionnelle à maîtriser, voire dans l'idéal à promouvoir, les adaptations requises par les changements technologiques ou institutionnels futurs (voir chapitres 1.4.2 et 1.4.3). Les contenus des programmes qui portent sur les compétences sociales et méthodologiques doivent aussi faire l'objet d'une mise à jour continue dans le cadre d'un processus d'actualisation systématique. C'est là une condition à laquelle doit répondre un programme tourné vers l'avenir.

Dans le système suisse de formation professionnelle, ce processus d'actualisation systématique des programmes est solidement établi grâce à différents mécanismes et à la participation institutionnalisée de divers acteurs. Les ordonnances sur la formation professionnelle initiale prévoient d'une part un examen périodique des formations qu'elles régissent, afin de vérifier régulièrement (au moins tous les cinq ans) si ces ordonnances et les plans de forma-

tion correspondants sont adaptés aux développements technologiques, économiques, écologiques, sociaux, culturels ou didactiques récents (art. 15, al. 2, LFP). D'autre part, des processus et des institutions solidement établis veillent à l'accomplissement de cette tâche. Celle-ci incombe aux commissions pour le développement professionnel et la qualité (commissions DP&Q), au sein desquelles sont représentés les partenaires de la formation professionnelle, à savoir le SEFRI (conformément à l'art. 12, al. 1, OFPr, 2003), les Ortra, les cantons et les enseignants spécialisés (selon l'ordonnance sur la formation professionnelle initiale). Ces commissions sont entre autres responsables de l'examen des exigences et des objectifs des formations professionnelles initiales, dont elles défendent la qualité.

En principe, la révision des formations professionnelles initiales ou le développement de nouvelles formations se déroule en cinq étapes. Celles-ci sont présentées ci-après dans les grandes lignes et illustrées à l'aide de deux exemples, à savoir la révision des professions MEM en 2009 (exemple 1) et la révision de la profession de technicien-dentiste en 2018 (exemple 2):

- Phase 1 : la profession et les compétences opérationnelles correspondantes sont analysées et comparées aux autres professions (voir Manuel « Processus de développement des professions », SEFRI, 2017b; Caves & Renold, 2016). Un profil d'activités spécifique à la profession est défini après une analyse des activités. L'analyse concernant le développement de la profession tient compte par ailleurs des progrès technologiques, économiques et sociaux susceptibles d'influencer le positionnement et l'évolution de la profession.
- Phase 2 : le profil de qualification (qui établit les compétences opérationnelles et le niveau d'exigences de la profession) est défini, le plan de formation est développé et un premier projet d'ordonnance sur la formation professionnelle initiale est esquissé.

Les Ortra pilotent les deux premières phases; elles recueillent surtout des informations et des constats auprès de leurs entreprises membres, notamment celles à la pointe de la technologie, pour les intégrer dans le développement des programmes. Étant donné que les entreprises novatrices qui se font concurrence ont tout intérêt à ce que leurs travailleurs acquièrent des qualifications qui ne sont pas obsolètes mais porteuses d'avenir, la participation de ces entreprises aux travaux de révision ouvre la voie à l'intégration de ces qualifications tournées vers l'avenir et axées sur les innovations les plus récentes dans les programmes actualisés:

- Phases 3 et 4 : le SEFRI procède à un examen de cohérence. Par ailleurs, l'ordonnance sur la formation professionnelle initiale, le plan de formation et le profil de qualification sont soumis à une procédure de consultation afin de connaître l'avis des partenaires de la formation professionnelle. Le SEFRI approuve, édicte et publie ces documents après avoir effectué les éventuelles corrections requises.
- Phase 5 : l'Ortra et les cantons mettent en œuvre la nouvelle ordonnance sur la formation professionnelle initiale et le nouveau plan de formation notamment en élaborant les plans d'études des écoles ou en organisant les procédures de qualification et les cours interentreprises. En outre, tous les partenaires et acteurs

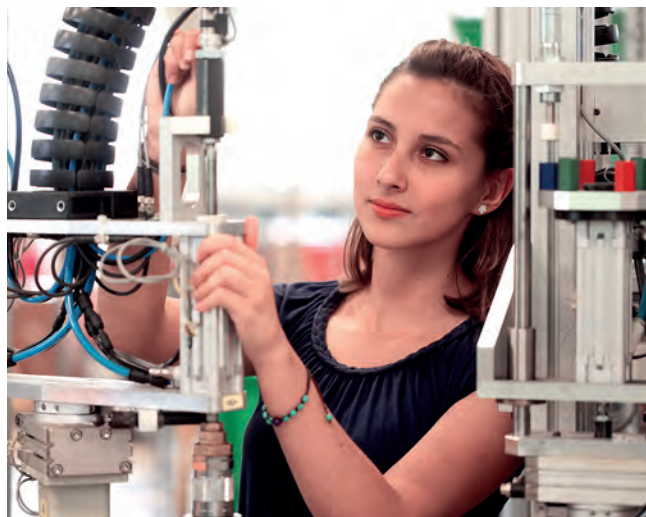
impliqués doivent suivre une formation continue ou du moins être dûment informés.

Ce processus de réforme cyclique, lors duquel le profil d'activités actuel et les développements futurs envisageables d'une profession font l'objet d'une analyse, permet non seulement de former une main-d'œuvre dûment qualifiée, mais aussi de favoriser la diffusion des connaissances en matière d'innovation. Grâce à l'actualisation systématique des formations professionnelles qui accompagne ce processus, les personnes en formation acquièrent des connaissances qui sont à jour. Les diplômés sont ainsi très bien préparés pour travailler dans des entreprises innovantes et participent à l'avancement des innovations au sein d'équipes regroupant diverses qualifications.

Le processus d'actualisation systématique des programmes a également un effet additionnel indépendant et porteur d'innovations dans les entreprises qui ne sont pas encore sur la ligne de front de l'innovation. Cet effet d'innovation résulte du fait que, lors de l'actualisation des programmes, les informations émanant des entreprises novatrices de la branche et des milieux de l'innovation sont systématiquement recensées et les nouvelles exigences en termes de compétences définies sur cette base sont prises en compte lors des réformes des programmes (voir exemple 2 pour la diffusion du numérique chez les techniciens-dentistes). Les informations concernant les compétences et les développements futurs sont ensuite diffusées dans les entreprises par le biais des programmes et de la participation à la formation; ainsi, elles atteignent même les entreprises qui jusque-là n'étaient pas portées sur l'innovation, mais qui participent à la formation. Cet effet d'innovation a été étudié par Backes-Gellner (1996), qui a analysé les développements intervenus après la réforme des professions du métal en Allemagne au milieu des années 1980, lors de laquelle la technologie CNC (Computerized Numerical Control) a été intégrée pour la première fois dans le programme de formation. Dans une comparaison entre les pays, l'auteur a montré que, dans des conditions par ailleurs égales, les machines CNC se sont généralisées plus rapidement, la part de la programmation en atelier et donc la flexibilité étaient plus élevées et les temps d'arrêt étaient nettement plus courts dans les entreprises allemandes que dans les entreprises anglaises ou françaises (Backes-Gellner, 1996). Pour la Suisse, Backes-Gellner & Rupietta (2018) étudient de manière plus générale le rapport entre la participation des entreprises à la formation professionnelle et leurs innovations en matière de produits et de processus. Ils identifient également des effets positifs qu'ils expliquent de façon théorique par le processus d'actualisation des programmes et la diffusion de nouvelles connaissances qui en résulte (voir chapitre 1.3).

Pour conclure, on peut constater que, du point de vue de ses bases légales et des institutions, acteurs et processus correspondants, le système suisse de formation professionnelle constitue une excellente base pour la mise en œuvre et l'encouragement de l'innovation dans les entreprises. Il favorise en outre la diffusion de technologies et de processus novateurs dans les entreprises.

Exemple 1 : Actualisation du programme et innovation: exemple de la réforme des professions MEM d'automaticien CFC et de polymécanicien CFC⁶



Automaticienne, photos Swissmem



Polymécanicienne/polymécanicien

Swissmem est l'association de l'industrie suisse des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM) et d'autres branches apparentées. Elle est l'organe responsable de huit professions techniques de la branche MEM et collabore avec l'association Swissmechanic. Swissmem dispose d'un centre de prestations et de compétences pour la formation professionnelle à Winterthour qui compte plus de 20 collaborateurs. Les exemples des formations de quatre ans de polymécanicien CFC et d'automaticien CFC décrits ci-après illustrent comment l'industrie MEM garantit des programmes actuels tournés vers l'avenir.

Conditions cadres de la réforme des professions MEM

La Commission suisse pour le développement de la profession et la qualité de la formation de la branche MEM (CSDPQ-MEM) est compétente pour l'adaptation des contenus de formation. La réussite de son travail dépend dans une large mesure du soutien de la branche, de la participation d'entreprises novatrices et de l'implication précoce de tous les acteurs importants intervenant dans la mise en œuvre des programmes. La composition de la commission est gage d'un soutien étendu. Y sont représentés les employeurs (Swissmem, Swissmechanic, SwissPrecision, USAT et UCME), les travailleurs (Syna, Unia), l'État (SEFRI et CSFP) et les écoles professionnelles. Cette composition garantit non seulement que les programmes, nouveaux ou révisés, soient orientés vers l'avenir et répondent aux besoins du marché du travail, mais aussi qu'ils soient réalistes dans le contexte de la pratique en école et en entreprise.

Point de départ: recensement des développements attendus au niveau des activités, de l'organisation du travail, des perspectives sur le marché du travail et des qualifications nécessaires aux innovations

Au début du processus de réforme, Swissmem a réalisé une vaste enquête portant sur les futures exigences et conditions posées aux professions à réviser. Tous les acteurs et décideurs importants y ont participé (entreprises formatrices de la branche MEM, centres de cours interentreprises, centres de formation privés et publics, écoles professionnelles, experts aux examens et offices en charge de la formation professionnelle).

En ce qui concerne les nouveautés technologiques attendues dans les professions de polymécanicien et d'automaticien, les résultats de l'enquête ont par exemple montré que les machines-outils commandées par ordinateur, l'automatisation, les commandes programmables et les méthodes de logiciel gagnaient en importance. Quant aux méthodes de travail, on prévoyait des changements résultant de l'accroissement de la concurrence (globale), comme des durées de traitement plus courtes dans la production, la réduction des délais de livraison, la baisse des coûts de fabrication ou la collaboration avec des partenaires commerciaux dans le monde entier (Swissmem, 2004). Les avis concernant l'évolution des places de travail ont par ailleurs révélé qu'on s'attendait par exemple à une hausse nette de l'importance des bases techniques telles que « traiter des mandats ou des projets », « développer des solutions de construction et élaborer des documents techniques » ou « construire des prototypes et effectuer des tests », mais aussi et surtout de celle des compétences transdisciplinaires telles que « autonomie », « gestion du changement », « aptitude à l'apprentissage » ou « méthodologie du travail ». Par conséquent, les nouvelles ordonnances sur la formation professionnelle initiale et les nouveaux

⁶ Sources: interviews, analyse de documents, médias, sites internet. Pour des informations plus précises et une description détaillée du processus et de ses résultats, voir la version longue du présent rapport.

plans de formation intègrent non seulement des compétences axées sur les nouvelles technologies, comme les commandes programmables, mais aussi des compétences comme l'autonomie, la responsabilité, la flexibilité ou encore des compétences interculturelles.

Sur la base de ces résultats, un groupe de travail incluant plusieurs associations et composé d'experts de la profession a développé le futur concept professionnel, décrit le profil de la profession et les activités, puis élaboré les nouveaux plans de formation et les nouvelles ordonnances sur la formation professionnelle initiale. Pour la formation de polymécanicien par exemple, la formation aux machines CNC⁷ est ainsi devenue obligatoire pour toutes les personnes en formation pendant la formation de base (1^{re} et 2^e années d'apprentissage), mais les entreprises restent libres de choisir deux compétences opérationnelles parmi plus de vingt pendant la formation approfondie (3^e et 4^e années d'apprentissage).

Les nouveaux concepts professionnels ont ensuite fait l'objet d'une consultation auprès des entreprises et des organisations de l'industrie MEM. Les dernières adaptations ont été apportées sur la base des résultats de cette consultation. Ainsi, les contenus des formations de base et complémentaires de toutes les formations initiales ont été optimisés encore une fois et parfois même réduits.

Résultat: profils professionnels actualisés de niveau de qualité élevé

Avec les compléments apportés aux programmes des formations d'automaticien et de polymécanicien, ces professions ont atteint un niveau de qualité plus élevé après la réforme. La profession d'automaticien de 2009 inclut par exemple la programmation de commandes de systèmes ou de microcontrôleurs, qui ne faisait pas partie du profil de la profession par le passé ; pour ce qui est du profil des polymécaniciens élaboré en 2009, les compétences « assembler des systèmes automatisés et les mettre en service » ou « entretenir des aéronefs » ont été intégrées dans la formation approfondie et les objectifs supérieurs de la formation en matière de compétences méthodologiques, sociales et personnelles ont été reformulés.

Le nouveau système de formation et les objectifs de formation actualisés permettent aux professionnels de maîtriser des processus de production complexes dans les entreprises et de faire avancer les innovations. Avec les nouvelles quali-

cations, il est parfois possible d'engager des automaticiens ou des polymécaniciens à des postes qui, à l'étranger, sont typiquement réservés à des ingénieurs détenteurs d'un diplôme universitaire.

Conflits potentiels dans le cadre du processus de réforme et solutions possibles

Dans ce processus de réforme, comme dans tous les autres, les exigences des différentes entreprises varient toutefois de manière plus ou moins importante. Ainsi, les besoins des entreprises vectrices d'innovation en termes de qualifications ne sont pas les mêmes que ceux des entreprises plutôt traditionnelles et moins innovantes. Chez Swissmem, la résolution de ce type de conflits repose sur une bonne culture du dialogue, la recherche du consensus, un système de milice et une approche très axée sur le partenariat dans la formation professionnelle. C'est ainsi, par exemple, que le système composé d'une formation de base et d'une formation approfondie a été créé pour répondre aux besoins fondamentalement différents des entreprises en termes de formation professionnelle.

En raison des intérêts divergents et des limites financières, il a fallu trouver des compromis au niveau du nombre de périodes à l'école professionnelle ou de la limite supérieure du nombre de jours de formation dans les cours interentreprises. Après la procédure de consultation nationale relative aux ordonnances sur la formation professionnelle initiale, les profils G et E des professions d'automaticien et de dessinateur-constructeur industriel ont dû être supprimés à la demande des cantons.

Rétrospectivement, on peut dire que les professions réformées en 2009 répondent dans une large mesure aux besoins des entreprises en termes de formation, que les cours interentreprises contribuent largement à l'étendue et à l'actualité technologique de la formation de base, et que les contenus spécifiques de la formation dispensés à l'école sont en parfaite adéquation avec le savoir requis dans les professions correspondantes. Une telle formation ouvre des perspectives de travail et de carrière aux professionnels et fournit aux entreprises une base solide pour maintenir leur compétitivité sur les marchés mondiaux.

⁷ CNC = Computerized Numerical Control. Les machines CNC sont des machines-outils qui utilisent des techniques de commande modernes pour fabriquer automatiquement des pièces de haute précision et de formes complexes.

Exemple 2: Mise à jour du programme de formation et innovation numérique: exemple de la profession de technicien-dentiste (2018)⁸

L'Association des laboratoires de prothèse dentaire de Suisse (ALPDS), ou Swiss Dental Laboratories, est l'organisation patronale responsable d'une formation et d'une formation continue orientées vers l'avenir dans le champ professionnel de la technique dentaire. La branche représentée par l'ALPDS regroupe environ 1000 laboratoires de technique dentaire, qui génèrent un chiffre d'affaires annuel moyen de 370 000 francs. Il s'agit pour la plupart de petites et de très petites entreprises: 53 % des laboratoires emploient une personne et le plus grand d'entre eux compte 25 équivalents plein temps (voir CPTD/ALPDS/FSTD, 2018).

La numérisation marque un tournant dans la branche

La branche a été confrontée à une transformation technologique profonde. L'industrie dentaire a lancé des innovations numériques sur le marché, innovations qui ont apporté des modifications fondamentales dans le travail des techniciens-dentistes. Il était désormais possible de réaliser des empreintes dentaires numériques et de les envoyer à l'étranger par voie électronique pour la fabrication de la prothèse dentaire. Ces innovations concernaient aussi bien les médecins-dentistes que les techniciens-dentistes. De plus en plus de médecins-dentistes ont numérisé leurs flux de travail et commencé à fabriquer les prothèses dentaires eux-mêmes, au fauteuil, autrement dit sans l'intervention de techniciens-dentistes. Ces derniers se sont vus contraints d'innover et de se mettre à niveau sur le plan technologique, car leurs clients, les médecins-dentistes, intégraient de plus en plus le numérique dans leur flux de travail (en 2017, la part des laboratoires sans technologie numérique n'atteignait plus que 40 % environ, CPTD/ALPDS/FSTD, 2018). La transformation numérique a donc été à l'origine d'une profonde mutation qui a annoncé la fin de l'artisanat et ouvert la porte à la fabrication assistée par ordinateur. Elle a en outre rendu nécessaire la réforme des contenus de la formation professionnelle initiale de quatre ans de «technicien-dentiste CFC».

Point de départ de la réforme: écart croissant entre la pratique professionnelle et le contenu de la formation de «technicien-dentiste CFC» en raison de l'innovation numérique

La Commission suisse pour le développement de la profession et la qualité de la formation des techniciens-dentistes (CSDPQ) est compétente pour l'adaptation régulière des contenus de la formation professionnelle initiale de «technicien-dentiste CFC». En 2013, elle a recensé les objectifs et les exigences de cette formation à l'aide d'une enquête et montré par exemple qu'à l'avenir, les qualifications transmises dans le cadre de la formation ne répondraient plus aux exigences du marché du travail. L'enquête a en particulier pointé le peu de place réservée aux nou-

velles technologies numériques (p. ex. CAD/CAM pour la fabrication numérique de prothèses dentaires) (Hodler et al., 2014).

Révision totale de la formation professionnelle initiale avec intégration des technologies numériques

Sur la base de ces constats, la CSDPQ a décidé de lancer une révision totale de la profession de «technicien-dentiste CFC» et constitué en 2015 un groupe d'analyse composé d'une douzaine de spécialistes. Le choix des représentants du lieu de formation «entreprise» s'est principalement porté sur des formateurs et des praticiens issus de laboratoires innovants et prospères. Le groupe d'analyse a notamment identifié des innovations dans le domaine de la médecine dentaire (p. ex. les solutions émergentes «au fauteuil») et dans celui de l'industrie dentaire (p. ex. la prise numérique d'empreintes dentaires). Les membres du groupe sont rapidement tombés d'accord sur la nécessité d'intégrer les outils numériques dans la future formation, mais ils n'ont pas trouvé de consensus sur la question du volume de formation correspondant. Pour résoudre le conflit, il était indispensable de mener des discussions approfondies au sein du groupe. Le travail artisanal n'a finalement pas été remplacé par le travail numérique, mais maintenu en partie et complété par des éléments numériques. L'objectif principal de la formation consiste à rapprocher les flux de travail analogiques et numériques. Par exemple, lorsqu'une dent doit être remplacée, le médecin-dentiste peut relever l'empreinte au moyen d'un scanner oral et envoyer les données au technicien-dentiste qui, à son tour, doit pouvoir représenter la prothèse et en créer le design à l'aide du logiciel CAD pour le convertir ensuite dans un fichier numérique et le transmettre à une unité d'usinage ou d'impression en vue de la production.

Conflits et stratégies de résolution lors de la nouvelle conception de la profession

La question qui générait le plus de conflit lors de la révision totale était de savoir quel poids accorder à la formation analogique et à la formation numérique. Pour les laboratoires qui travaillaient surtout de manière analogique, l'enjeu de la numérisation était de ne plus pouvoir assurer une formation adéquate. La stratégie employée pour résoudre ce conflit, à savoir de garantir une certaine flexibilité dans le cadre de la formation, a fait ses preuves. Ainsi, les laboratoires ne sont pas tenus de posséder leur propre scanner, mais doivent obligatoirement donner la possibilité à leurs apprentis d'accéder à un scanner, par exemple dans le cadre d'un réseau d'entreprises formatrices. En outre, le nombre de jours de formation dans les cours interentreprises est passé de 20 à 33, afin de permettre aux personnes en formation de pratiquer davantage les nouvelles méthodes numériques. Cette mesure pose à son tour les bases pour des innovations numériques dans les entreprises qui forment ces personnes.

⁸ Pour des informations plus précises et une description détaillée du processus et de ses résultats, voir la version longue du présent rapport.

1.2.3 Perméabilité du système éducatif et capacité d'adaptation des diplômés de la formation professionnelle en cas de nouvelles exigences en termes de qualifications

Les nouvelles exigences qui accompagnent les innovations dans le domaine du travail et qui évoluent constamment (par le biais de la numérisation par exemple) modifient les activités professionnelles et demandent un développement continu des compétences. Ce sont les qualifications de départ, mais aussi et surtout les possibilités de formation continue et de qualification supérieure – donc la perméabilité du système éducatif – qui déterminent dans quelle mesure les diplômés d'une formation professionnelle initiale sont aptes à acquérir des qualifications nouvelles et/ou supérieures. La suite du chapitre montre que, dans les faits, les diplômés de la formation professionnelle suisse sont très flexibles si l'on considère leur évolution professionnelle; ils sont mobiles tant au niveau horizontal que vertical et passent aisément d'un pilier du système à l'autre. Cette mobilité et cette souplesse d'adaptation constituent une bonne base pour la capacité d'innovation de l'économie suisse.

Mobilité professionnelle horizontale

Les diplômés d'une des quelque 230 formations professionnelles initiales ont la possibilité d'évoluer horizontalement, c'est-à-dire au niveau secondaire II, dans le cadre de la formation professionnelle

Études portant sur les possibilités de première et de deuxième formation pour adultes

Des études récentes montrent que les adultes (dès l'âge de 24 ans) ont largement recours aux possibilités de première et de deuxième formation qui leur sont offertes (Schmid et al., 2017; Tsandev et al., 2017). L'exemple de maxon illustre que les filières destinées aux adultes sont attrayantes pour les entreprises (voir version longue de cette étude). L'Office fédéral de la statistique livre également ses premières conclusions quantitatives concernant la mobilité horizontale (et verticale) dans le cadre du programme « Analyses longitudinales dans le domaine de la formation » (LABB; OFS, 2018b; 2018b). Pour la cohorte ayant terminé sa scolarité au degré secondaire II en 2012, la frontière entre emploi et formation est très perméable; il en résulte des parcours de formation et des carrières professionnelles très variés après le degré secondaire II.

Les données concernant le marché du travail permettent en outre d'observer dans quelle mesure les travailleurs passent d'emplois correspondant à la profession qu'ils ont initialement apprise à des emplois dans une autre profession au cours de leur carrière professionnelle (dans le cadre d'un changement de poste). Plusieurs études livrent des indications sur cette forme de mobilité professionnelle, sachant que les chiffres concrets (entre 7 % et 14 % une année après l'obtention du diplôme de formation) varient en raison des différents jeux de données, des écarts entre les mesures et de la période considérée.

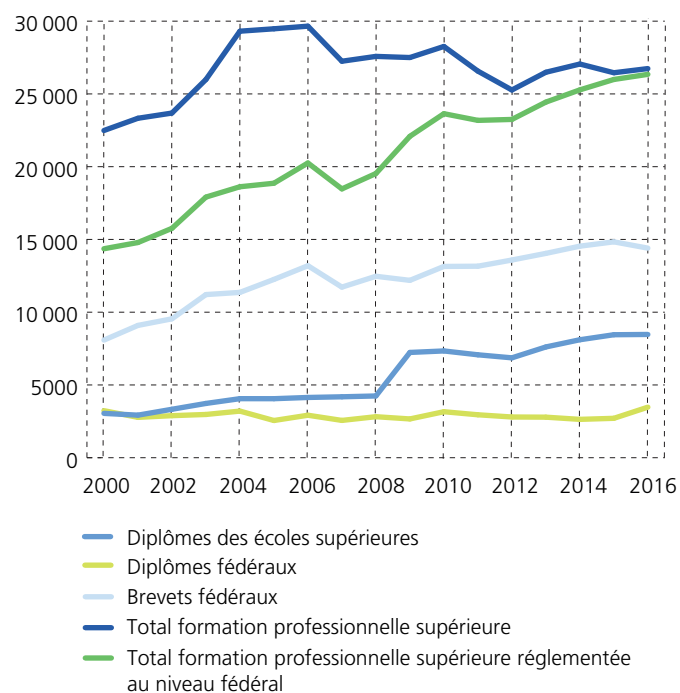
(voir chapitre 1.4). Selon le canton ou la profession, ces deuxièmes formations peuvent prendre la forme de formations professionnelles initiales régulières ou écourtées. Elles concernent également les adultes qui n'ont jamais achevé de formation formelle. La LFPr prévoit également l'admission directe à la procédure de qualification (pour autant que les conditions d'admission soient remplies et que la personne dispose d'une expérience professionnelle suffisante) ainsi que la validation de compétences professionnelles sans passer par un examen final (voir Giger, 2016; SEFRI, 2014a).

En résumé, des indications empiriques claires attestent l'existence d'une mobilité professionnelle horizontale largement répandue.

Mobilité professionnelle verticale

Le système suisse de formation professionnelle propose également une grande variété d'offres de mobilité professionnelle verticale et de qualifications supérieures, qui se distinguent par leur orientation disciplinaire et leur exigence scientifique. Le nombre de diplômes décernés dans la formation professionnelle supérieure (dans le cadre des examens professionnels fédéraux, des examens professionnels fédéraux supérieurs et des filières de formation des écoles supérieures) atteignait tout juste 27 000 en 2016 et était resté relativement constant au cours de la décennie précédente.

Graphique C 1.3 : Nombre de diplômes décernés dans la formation professionnelle supérieure



Source : OFS, illustration de Backes-Gellner & Pfister

(graphique C 1.3, « Total formation professionnelle supérieure »). Ce sont avant tout les nouveaux diplômés des écoles supérieures⁹ reconnus à l'échelle fédérale et les brevets fédéraux (examens professionnels) qui ont enregistré une hausse.

Les filières d'études des hautes écoles spécialisées créées à la fin des années 1990 constituent une autre possibilité de mobilité verticale. Elles offrent aux diplômés de la formation professionnelle de nouvelles opportunités de promotion et la possibilité de poursuivre des études dans le domaine de la recherche appliquée. Le nombre de diplômés n'a pas cessé d'augmenter depuis la création des HES. Il affiche en particulier une forte hausse au cours de ces dernières années. En 2016, 12 866 diplômés de bachelor ont été remis dans les HES.¹⁰ Celles-ci décernent ainsi presque autant de bachelors que les universités et les écoles polytechniques fédérales réunies.

En résumé, les statistiques descriptives montrent que les possibilités de qualification supérieure offertes par la formation professionnelle supérieure et les hautes écoles spécialisées sont bien exploitées, ce qui constitue donc une base supplémentaire pour la capacité d'innovation de l'économie.

Parcours de formation mixtes

Le système éducatif suisse comporte également des offres qui favorisent la perméabilité entre les piliers professionnel et académique. Par exemple, une passerelle permet aux titulaires d'une maturité professionnelle d'accéder aux hautes écoles universitaires. En 2017, 6,7 % d'entre eux ont passé l'examen passerelle, contre 3,5 % en 2005.¹¹

Très peu d'études portent sur les parcours de formation mixtes, autrement dit les parcours qui combinent formation académique et professionnelle. On constate toutefois que le passage entre les deux piliers du système éducatif suisse est emprunté relativement souvent et que les parcours de formation mixtes affichent même un rendement plus élevé que les voies purement académiques ou purement professionnelles (Backes-Gellner & Tuor, 2010; CSRE, 2014; Pfister et al., 2017).

⁹ À la suite de l'entrée en vigueur de la nouvelle loi fédérale sur la formation professionnelle, un grand nombre de diplômés précédemment non réglementés au niveau fédéral ont été convertis en diplômés ES (écoles supérieures).

¹⁰ Les diplômes de bachelor des hautes écoles pédagogiques ne sont pas pris en compte. Pour éviter de comptabiliser des personnes plusieurs fois, le recensement concerne uniquement les diplômés (autrement dit les certificats d'avant la réforme de Bologne) et les bachelors (pas les diplômés de master).

¹¹ Le nombre de titulaires de la maturité professionnelle est passé de 10 621 en 2006 à 14 320 en 2017 (OFS, statistique des diplômés SBA, 2018). Les examens passerelle ont donc connu une hausse supérieure à la moyenne. En 2016, 14 396 personnes ont obtenu une maturité professionnelle, dont 7325 pendant la formation professionnelle initiale et 7071 après celle-ci (OFS, statistique des diplômés SBA). Cette même année, le taux des maturités professionnelles des personnes de moins de 25 ans était de 15,4 % et celui des maturités gymnasiales de 21,2 % (OFS, analyses longitudinales dans le domaine de la formation, LABB). Quelque 60 % des titulaires d'une maturité professionnelle entament des études dans une HES: 20 % directement après l'obtention de la maturité professionnelle, 20 % une année plus tard et plus de 15 % attendent deux ans ou plus. Parmi les titulaires d'une maturité gymnasiale, 40 % intègrent une haute école directement après l'obtention de la maturité, 30 % une année plus tard et environ 5 % attendent deux ans ou plus (OFS, étudiants et examens finals des hautes écoles, SBA).

En résumé, on peut dire que, d'un point de vue systémique, le système éducatif suisse se caractérise par une grande perméabilité. La population active dispose donc de multiples possibilités de développement et d'apprentissage tout au long de la vie. Là aussi, il s'agit d'une base essentielle de la capacité d'innovation du système économique suisse. Les résultats empiriques descriptifs montrent que les possibilités de développement horizontal et vertical sont également exploitées dans la pratique. Cela indique qu'il existe suffisamment d'incitations chez les individus et les entreprises à profiter de la perméabilité. Les répercussions de la formation continue et des qualifications supérieures sur la productivité des entreprises et l'innovation seront traitées plus en détail au chapitre 1.3 et leurs répercussions sur la carrière professionnelle des individus au chapitre 1.4.

1.2.4 Rôle des organisations du monde du travail en lien avec la capacité d'innovation du système suisse de formation professionnelle

Les organisations du monde du travail (Ortra), en particulier les associations professionnelles, jouent un rôle crucial dans le fonctionnement et la capacité d'innovation du système de formation professionnelle. Elles développent de nouvelles professions ou réforment des professions existantes et contribuent dans une large mesure à l'assurance de la qualité de la formation professionnelle ainsi qu'au regroupement et à la diffusion des connaissances en matière d'innovation. Leur influence résulte pour l'essentiel des six rôles différents qu'elles assument:¹²

- Premièrement, les Ortra jouent un rôle majeur dans la définition des contenus de la formation professionnelle initiale. Elles sont donc essentielles pour l'établissement de qualifications actuelles et futures pertinentes (voir chapitre 1.2.2).
- Deuxièmement, les Ortra défendent les intérêts de toutes les entreprises qu'elles représentent lors du processus de développement des programmes. En cas d'intérêts contradictoires, elles doivent veiller à équilibrer ceux-ci de manière adéquate et faire en sorte que non seulement les professions dont elles sont responsables soient aussi étendues et tournées vers l'avenir que possible, mais également que les entreprises soient suffisamment nombreuses à participer à la formation des jeunes. Cela dépend largement des exigences en matière de formation fixées dans le programme, car celles-ci déterminent les coûts occasionnés pour les entreprises et partant les avantages que ces dernières peuvent retirer de la formation en termes de rapport coût / bénéfice ainsi que leur disponibilité à former des personnes (Wolter & Ryan, 2011). La prise en compte des intérêts de différentes entreprises lors du processus de réforme d'une formation professionnelle initiale constitue donc un mécanisme qui permet d'assurer une large participation de celles-ci au système de formation professionnelle sur le long terme (Caves & Renold, 2016).

¹² La manière dont l'exercice de ces rôles influence la capacité d'innovation du système et de ses diplômés est expliquée en détail dans la version longue du présent document. Les encadrés 2 et 3 au chapitre 2.2 présentent des exemples concrets.

- Troisièmement, les Ortra font le lien avec les employeurs locaux. Elles peuvent motiver des entreprises (petites ou grandes, très ou peu innovantes) à former des personnes et les soutenir dans cette activité.
- Quatrièmement, les Ortra jouent un rôle important dans le domaine de l'assurance qualité de la formation professionnelle initiale. Elles sont largement impliquées dans la définition et l'organisation de la partie pratique de l'examen de fin d'apprentissage (p. ex. en déléguant des experts). L'assurance de la qualité de la formation professionnelle initiale est essentielle pour que cette dernière reste attrayante pour les jeunes et garantir l'employabilité des diplômés sur le long terme.
- Cinquièmement, les Ortra sont responsables des cours interentreprises et des centres de formation qui jouent un rôle important, en particulier dans la diffusion d'éléments de qualification innovants des professions.
- Sixièmement, dans le contexte de l'apprentissage tout au long de la vie, les Ortra sont prestataires de cours préparatoires aux examens fédéraux (formation professionnelle supérieure) et de formations continues à des fins professionnelles (formation non formelle). Ces offres sont également très importantes pour la diffusion d'éléments de qualification innovants.

1.2.5 Mélange de compétences (skill mix) professionnelles et académiques et innovation : constats empiriques

Le système éducatif suisse permet d'obtenir un grand nombre de diplômes académiques et professionnels formels tant au degré secondaire II qu'au degré tertiaire. Le marché du travail suisse est ainsi composé de personnes actives dont le parcours éducatif est très hétérogène et qui amènent un large éventail de compétences très diverses. C'est en partie grâce à cela que le modèle suisse d'innovation et de production peut compter sur la présence simultanée de diplômés des hautes écoles ayant bénéficié d'une excellente formation et d'une main-d'œuvre hautement qualifiée issue du système (dual) de formation professionnelle (la situation est similaire en Allemagne, Backes-Gellner, 2017). Il s'agit d'un avantage qui permet de combiner différentes sources de savoir de grande qualité et de les mettre à profit pour obtenir une production performante et réaliser des innovations.

Globalement, les résultats des études mentionnées ci-dessus indiquent qu'en matière de R-D, il existe une étroite collaboration entre les diplômés de la formation professionnelle initiale, les diplômés des universités classiques et les diplômés des HES, qui font le lien entre les deux premiers groupes.

Les exemples documentés d'entreprises innovantes présentés dans ce chapitre l'attestent également (voir exemples 3 : maxon, 4 : Novartis et 5 : Bühler Group AG). Ainsi, les exemples de maxon

et de Bühler Group AG montrent que les diplômés HES sont un pilier central de la performance en matière d'innovation notamment parce qu'ils constituent un lien entre la théorie et la pratique. Quant à l'exemple de Novartis, il révèle que les diplômés de la formation professionnelle contribuent largement au processus d'innovation au sein du Hit Generation Sciences Group. Les études de cas présentées dans la partie C de l'étude 5 « Analyse du transfert de savoir et technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques » constituent d'autres exemples. Dans l'exemple de KWC Franke Water Systems AG (exemple 2), la collaboration avec les HES est citée comme une condition de la réussite d'un projet de numérisation dans le domaine de l'automatisation des processus de meulage. Cette réussite repose sur un grand nombre de travaux rédigés par des étudiants de la HES participante, qui ont chacun élaboré des aspects spécifiques de la solution. Le cas d'IRsweep (partie C, étude 5, exemple 3) montre également qu'au-delà de son ambition d'excellence dans la recherche de pointe, l'entreprise a été essentiellement confrontée à des questions très pratiques, telles que la mesure de gaz traces et le développement d'appareils de mesure précis. L'association de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée ainsi que la combinaison de connaissances et de savoir-faire complémentaires en matière de lasers basés sur la technologie des cartes électroniques et des spectromètres constituent au final la base des connaissances techniques de l'entreprise.

En résumé, les études empiriques qui concernent la Suisse concluent qu'un mélange équilibré de compétences acquises dans le cadre de formations professionnelles et académiques constitue une dimension importante des activités d'innovation. Les diplômés de la formation professionnelle apportent de solides compétences professionnelles pratiques. Grâce à une combinaison d'aptitudes professionnelles avérées et de compétences en matière de recherche appliquée et grâce à un langage professionnel commun, les diplômés des HES établissent le lien entre les exigences du processus de production et les défis du processus de R-D (voir Backes-Gellner, 2017). Enfin, les diplômés des EPF et des universités garantissent l'accès à la recherche internationale de pointe.

Un large mélange de compétences est essentiel pour maintenir la position de la Suisse en tant que leader international dans le domaine de l'innovation. D'un autre côté, les conclusions indiquent également que les résultats d'études empiriques concernant des pays qui décernent uniquement (ou en majeure partie) des diplômes académiques (p. ex. les pays anglo-saxons) ne sont pas applicables à la Suisse (ou à d'autres pays disposant d'un solide secteur de formation professionnelle), ou le sont de manière très limitée. Les conclusions dans le domaine de la politique de formation ne sont donc certainement pas les mêmes non plus. Contrairement aux pays où les diplômes académiques prédominent, les pays dont le secteur de la formation professionnelle occupe une place importante ne doivent pas mettre l'accent sur la maximisation du nombre de diplômés des filières académiques, mais sur un mélange de diplômes professionnels, académiques et mixtes favorisant l'innovation.

¹³ La qualité des brevets est évaluée sur la base des citations, des demandes de brevets et de la taille des familles de brevets. Pour plus de détails, voir la version longue.

Exemple 3 maxon : développement de produits de pointe novateurs grâce à un large mélange de compétences et une étroite collaboration¹⁴

Apprentie polymécanicienne, photos : maxon



Apprentis automaticiens

Maxon occupe une position de leader mondial dans la production de composants et systèmes d'entraînement, notamment pour les domaines de la robotique ou de la technique médicale ou aérospatiale. Elle a par exemple fourni plus de 50 entraînements pour le rover ExoMars qui explorera la surface de la planète Mars à partir de 2020. En 2017, la compagnie a réalisé un chiffre d'affaires de près de 460 millions de francs sur ses sites de production en Suisse, en Allemagne, en Hongrie et en Corée du Sud. Le siège principal de maxon est à Sachseln, en Suisse centrale, où travaillent environ la moitié des quelque 2500 collaborateurs. C'est aussi principalement sur ce site que se déroulent la recherche et le développement : sur quelque 200 collaborateurs de maxon actifs dans la R-D au niveau mondial, plus de 160 travaillent à Sachseln. Plus de 50 apprentis effectuent en outre leur formation au siège principal, majoritairement dans les professions de dessinateur-constructeur, de polymécanicien, d'automaticien, d'électronicien et d'informaticien ; les trois quarts d'entre eux occupent des postes de R-D ou apparentés à la R-D.

Les innovations de maxon portent sur des produits standards dans les familles de produits de la compagnie (moteurs, transmissions, systèmes de contrôle, encodeurs, etc.), sur la mise à disposition de paramètres permettant au produit de fonctionner ou encore sur des applications spécifiques aux clients qui intègrent des produits standards issus des familles de produits. Les différents types d'innovations ont tous un point commun important : le rôle fondamental de la formation professionnelle et la collaboration au sein d'équipes composées de personnes aux qualifications diverses (skill mix) en vue de donner naissance à des innovations.

L'importance de la formation professionnelle pour la performance de l'entreprise en matière d'innovation

Chez maxon, la part des diplômés des EPF et des universités est comparativement faible (env. 10 %) dans la R-D. Environ 90 % des collaborateurs actifs dans la R-D ont un parcours de formation professionnelle. La grande majorité d'entre eux ont suivi un ap-

prentissage puis des études dans une HES. La compagnie a volontairement privilégié ce mélange de différents parcours de formation. Alors que les diplômés de l'EPFL/EPFZ disposent surtout d'une solide formation théorique et mathématique, ceux des écoles supérieures et des HES présentent un avantage comparatif dans le domaine de la pratique professionnelle. Les diplômés des HES qui ont effectué une formation professionnelle initiale et une formation dans la recherche appliquée apportent un soutien particulièrement important à maxon. Leurs connaissances et leur collaboration tant avec des professionnels qu'avec des ingénieurs EPF leur permettent d'assumer une fonction essentielle de pont entre la théorie et la pratique (professionnelle) et de contribuer de manière substantielle à la performance de maxon en matière d'innovation.

L'innovation grâce au travail d'équipe et à l'échange de connaissances

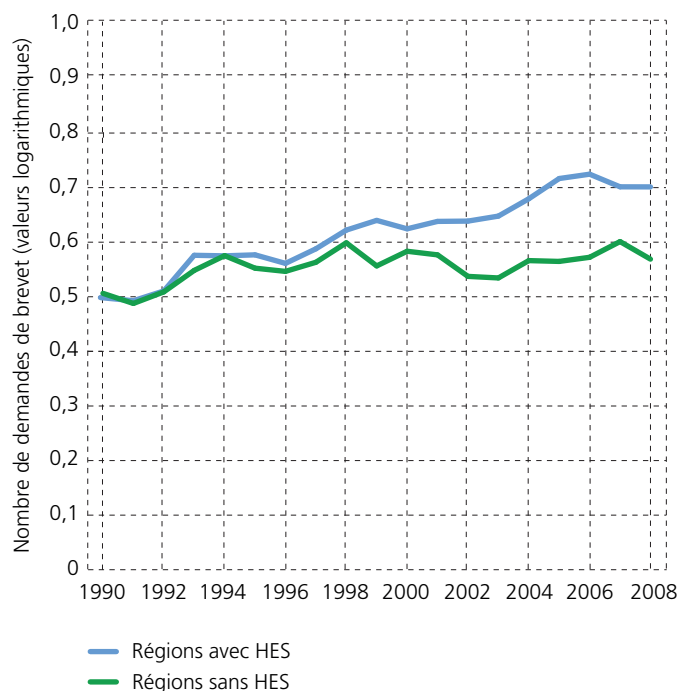
Chez maxon motor AG, l'innovation n'est pas le fait d'une seule personne mais d'équipes. La société travaille en s'appuyant exclusivement sur des groupes de projet. Les équipes sont composées de personnes aux qualifications diverses, afin d'exploiter les forces des différentes formations dans l'accomplissement d'une tâche donnée. Le développement d'un nouveau moteur de précision destiné à fonctionner dans des conditions extrêmes rencontrées par exemple dans le domaine du forage profond, comme des températures allant jusqu'à 200°C ou une pression atteignant 1700 bar, est un exemple de performance d'équipe particulièrement réussie. Dans ce projet, les spécialistes du développement, à savoir le chef de projet Développement et les collaborateurs au pré-développement ou au laboratoire de développement, n'ont pas été seuls à participer à la recherche de solutions techniques, aux calculs et au développement du concept : les remarques du dessinateur-constructeur, qui a élaboré les pièces, et celles du polymécanicien, qui a fabriqué les outils, ont elles aussi joué un rôle essentiel dans l'innovation. La réunion interdisciplinaire de différents profils de formation et de compétences professionnelles variées ainsi que leur étroite collaboration ont donc été centrales dans ce processus d'innovation.

¹⁴ Pour des informations plus précises sur l'innovation, voir la version longue.

Études portant sur les répercussions d'un mélange de compétences professionnelles et académiques sur l'innovation

Quelques études récentes ont analysé les répercussions de ce mélange de compétences (skill mix) sur l'innovation en Suisse. Par exemple, Bolli et al. (2017) montrent que le brassage de personnes actives titulaires de diplômes professionnels et académiques du degré tertiaire favorise l'innovation (voir 1.4.2 et la version longue; pour l'Australie, voir Toner, 2010). En outre, plusieurs études se sont récemment penchées sur l'influence du skill mix typique des HES (formation professionnelle initiale solide et recherche appliquée). Pfister et al. (2018) constatent que les activités régionales liées au dépôt de brevets ont connu une hausse significative tant au niveau quantitatif que qualitatif¹³ depuis la création des hautes écoles spécialisées. On peut observer ce phénomène sur le graphique, qui indique une forte hausse du nombre de brevets déposés depuis la fin des années 1990 dans les régions où une HES a été implantée (graphique C 1.4 : différents indicateurs de la qualité des brevets connaissent des évolutions similaires; voir 1.4.2 et Pfister et al., 2018; Pfister, 2017). Partant de ces résultats, Lehnert et al. (2017) ont constaté que la création des hautes écoles spécialisées a conduit à une augmentation du personnel de R-D. En outre, Schultheiss et al. (2018) ont montré que les entreprises des régions concernées recherchent désormais davantage de diplômés de la formation professionnelle pour des postes où les principales fonctions s'apparentent à la R-D.

Graphique C 1.4 : Dépôts de brevets dans les régions avec et sans haute école spécialisée



Source : calculs de Pfister (2017) basés sur la base de données mondiale sur les brevets de l'OEB – Version avril 2013

1.3 Niveau des entreprises

En Suisse, les entreprises actives dans la R-D et celles qui génèrent des innovations représentent une part relativement élevée des entreprises. La part la plus importante revient à l'industrie de haute technologie (plus de 47 % des entreprises de ce secteur indiquent être actives dans la R-D, plus de 60 % indiquent avoir généré une innovation), suivie de l'industrie à faible technologie¹⁵ (respectivement 22 et 40 %), les prestations de pointe (respectivement 15 et 30 %) et les prestations traditionnelles (respectivement 8 et 31 %) (Spescha & Wörter, 2018). Dans les petites et moyennes entreprises, les indicateurs cités ne s'écartent que très peu de la moyenne de l'ensemble des entreprises. Les grandes entreprises affichent tendanciellement une valeur supérieure à la moyenne, mais elles ne représentent qu'une part minime des entreprises.

1.3.1 Participation des entreprises à la formation professionnelle initiale et demande de places d'apprentissage

Les entreprises sont également des acteurs essentiels du système de formation professionnelle, car elles mettent à disposition des

¹⁵ Pour une définition des industries de haute technologie et à faible technologie (high-tech et low-tech), voir la partie B, chapitre 12 « Mutations structurelles ».

places d'apprentissage pour les personnes en formation et jouent un rôle déterminant au niveau de la qualité et du volume de la partie entreprise de la formation duale.

Participation à la formation professionnelle initiale

La contribution des entreprises au système de formation professionnelle est déterminante pour la capacité d'innovation et l'effet d'innovation de la formation professionnelle. Leur participation à la formation professionnelle est toutefois volontaire (SEFRI, 2017a). Le rapport coût/bénéfice et les incitations jouent un rôle important à cet égard. Les analyses empiriques portant sur le rapport coût/bénéfice de la formation dans les entreprises suisses montrent que les bénéfices résultant de l'engagement des apprentis dans le processus de travail productif dépassent les coûts de la formation dans la plupart des entreprises formatrices (Gehret et al., 2019). Il s'agit là d'une incitation efficace à proposer des places d'apprentissage dans la formation professionnelle initiale.

Disponibilité de candidats appropriés pour les places d'apprentissage

L'activité de formation des entreprises est également liée à la disponibilité de candidats correspondant aux exigences et dépend donc essentiellement du nombre de personnes sortant de l'école obligatoire. L'évolution démographique (c'est-à-dire le volume des différentes classes d'âge) et le nombre de places dans les gym-

Exemple 4 Novartis: développement de produits de pointe novateurs grâce à un large mélange de compétences et une étroite collaboration¹⁶

Novartis est une société pharmaceutique et biotechnologique active à l'échelle mondiale qui emploie plus de 125 000 collaborateurs à travers le monde et dont le chiffre d'affaires annuel dépasse les 49 milliards de dollars US. Bâle abrite le siège mondial de l'entreprise, celui de sa division Innovative Medicines, qui est également le plus grand centre de R-D, et une partie de sa production. En outre, le site est un lieu de formation qui accueille près de 300 apprentis. En transmettant de solides connaissances théoriques de base et des compétences professionnelles pratiques, en promouvant le travail autonome et en intégrant une socialisation dans la culture d'entreprise, la formation des apprentis garantit à Novartis de disposer des spécialistes dont la société a besoin pour pouvoir innover. Les échanges internationaux de diplômés laborantins en chimie et en biologie, par exemple avec les États-Unis, l'Espagne ou encore Singapour, confirment que les laborantins formés en Suisse sont notamment capables de travailler de manière autonome, ce qui les distingue clairement des diplômés d'institutions de formation purement académiques de ces pays. Il n'est pas surprenant que les postes occupés à Bâle par des diplômés de la formation professionnelle soient pourvus à l'étranger par des titulaires d'un master ou d'un doctorat universitaire. La formation de laborantins en chimie et en biologie, qui représentent 50 % des apprentis, est au cœur de l'innovation chez Novartis. Ces professions sont pertinentes pour tous les secteurs de l'entreprise et interviennent à toutes les étapes du processus d'innovation. Dans le domaine de la recherche (fondamentale), les spécialistes travaillent principalement avec des diplômés des universités/EPF, et dans le domaine du développement, avec des diplômés des HES.

L'exemple du Hit Generation Sciences Group pour illustrer le recours aux professionnels dans le domaine de l'innovation

Le Hit Generation Sciences Group, qui joue un rôle central dans le processus d'innovation de Novartis, est un exemple typique du recours aux professionnels lors de ce processus. Sur le site de Bâle, le groupe est composé de deux laboratoires de chimie et de deux laboratoires de biologie avec un total de quatre doctorants, sept laborantins et un poste permanent réservé à une personne en formation. La majorité des laborantins ont d'abord suivi une formation professionnelle classique, puis des formations continues.

Le Hit Generation Sciences Group conseille les équipes de recherche sur la faisabilité et les chances de succès de la recherche de molécules comme point de départ à l'élaboration de médicaments dans tous les domaines thérapeutiques. Il mène également ses propres expériences sur la recherche de molécules (p. ex. à l'aide de la « DNA encoded library ») et fournit au groupe de recherche qu'il conseille une sélection de résultats

(molécules). Au sein du groupe, les laborantins sont impliqués dans le processus d'innovation de différentes manières. Ils partagent par exemple leurs connaissances lors de discussions avec les directeurs de laboratoire (doctorants) et sont ainsi parfois à l'origine des meilleures idées. Ils apportent également des nouveautés technologiques en cours de travail et font progresser des innovations afin de faciliter le travail quotidien (p. ex. l'outil de suivi en ligne pour les peptides à synthétiser développé en collaboration avec le groupe informatique) et sont impliqués de façon significative dans les innovations des projets de recherche (ils collaborent notamment à des sous-projets de recherche visant à évaluer les méthodes les mieux adaptées pour améliorer l'introduction des composés (chimiques) dans les cellules).

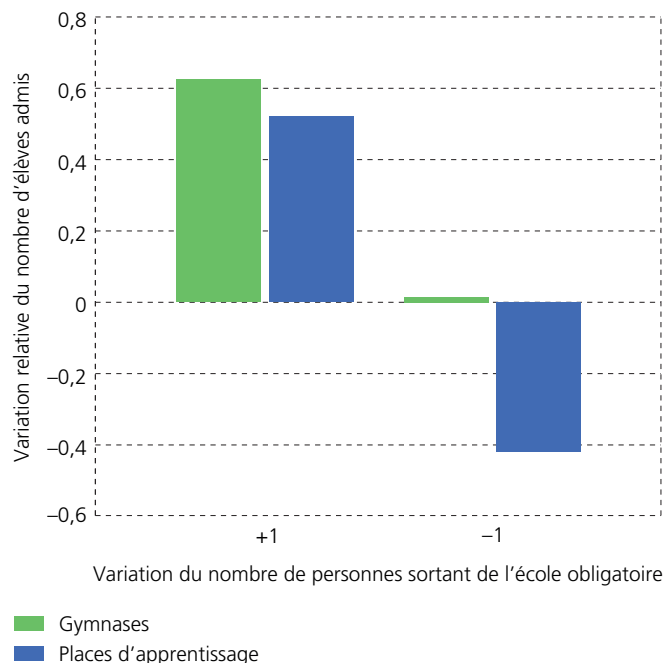
À ce niveau, comme à d'autres au sein du processus d'innovation, la combinaison des différentes connaissances des diplômés professionnels et universitaires joue donc un rôle important chez Novartis. L'avantage comparatif des connaissances professionnelles est l'expérience pratique ainsi que le lien avec le monde du travail, l'entreprise et les processus opérationnels, tandis que les connaissances académiques sont plus abstraites, théoriques et analytiques. Toutefois, étant donné que ni une approche purement pratique ni une approche purement académique ne peuvent résoudre tous les problèmes d'innovation, un large mélange de compétences avec une variété de connaissances et d'aptitudes est essentiel à l'innovation en entreprise.

Développements et défis dans le système de formation (professionnelle)

L'amélioration de la perméabilité du système éducatif observée ces dernières décennies a vu l'émergence d'une grande variété de parcours de formation combinant des approches académiques et professionnelles. Les personnes en formation perçoivent bien l'intérêt de ce large éventail de possibilités et Novartis le considère comme très précieux. Le blason redoré de la formation professionnelle joue un rôle important pour le recrutement d'apprentis par Novartis. S'agissant du recrutement de professionnels expérimentés, les hautes écoles spécialisées sont également importantes. Il existe cependant un risque que le bagage de leurs diplômés soit de plus en plus composé pour l'essentiel de connaissances académiques. Cela signifierait qu'ils ne disposeraient justement plus de ce mélange de solides connaissances professionnelles issues de l'apprentissage et de la formation en recherche appliquée qui assure la fonction de passerelle entre la recherche et le développement. L'internationalisation pourrait représenter un défi supplémentaire si une connaissance insuffisante du système de la formation professionnelle ne permettait pas d'en reconnaître la valeur pour se tourner plutôt vers des modèles de formation connus à l'étranger, mais pas nécessairement plus efficaces.

¹⁶ Pour des informations plus précises sur l'innovation, voir la version longue.

Graphique C 1.5 : Réaction du nombre de places d'apprentissage dans les entreprises et des places de formation dans les gymnases aux variations du nombre de personnes sortant de l'école obligatoire, 1988–2013



Source : OFS, calculs du Centre de recherche sur l'économie de l'éducation de l'Université de Berne, CSRE (2018)

La variation relative du nombre de places d'apprentissage en cas de variation du nombre de personnes sortant de l'école obligatoire est entre 0,4 et 0,5. Étant donné que la formation professionnelle initiale basée sur les entreprises absorbe en moyenne environ 60 % d'une volée, une hausse du nombre de places d'apprentissage de 0,6 pour chaque personne supplémentaire sortant de l'école obligatoire serait une réaction entièrement proportionnelle aux variations du nombre d'élèves. En réalité, le nombre de places d'apprentissage augmente seulement de moitié. Les valeurs ont été calculées au moyen de régressions multiples prenant en compte tous les cantons (N = 416) ainsi que les fluctuations conjoncturelles (CSRE, 2018).

nases ont une influence sur le nombre de candidatures et donc indirectement sur cette activité des entreprises. À ce sujet, les constats empiriques des 25 dernières années révèlent une évolution clairement asymétrique du nombre de places en entreprises et dans les gymnases en Suisse. Les entreprises et les gymnases ont certes réagi aux hausses du nombre de personnes au degré secondaire II par une extension tout aussi importante du nombre de places de formation, mais leur réaction a été très différente au cours des périodes de régression. Comme le montre le graphique C 1.5, en période d'accroissement du nombre de personnes au degré secondaire II, chaque personne supplémentaire sortant de l'école obligatoire a entraîné la création d'une moitié de place au gymnase et d'une moitié de place d'apprentissage (+0,6 et +0,5). Autrement dit, le besoin supplémentaire a été couvert dans des proportions à peu près égales par les écoles et les entreprises. En revanche, lorsque le nombre de personnes au degré secondaire II a

baissé, chaque personne manquante a certes amené la suppression d'une moitié de place d'apprentissage (-0,4), mais n'a pas entraîné de suppression de places dans les écoles (au contraire, le nombre de ces places a continué d'augmenter légèrement de +0,01), de sorte que la part de ces places par rapport à la taille des cohortes de personnes sortant de l'école obligatoire (en régression) a augmenté de façon disproportionnelle (CSRE, 2018).

Ainsi, la formation professionnelle a dû supporter plus ou moins seule les conséquences du déclin démographique, avec notamment pour résultat une offre toujours plus excédentaire de places d'apprentissage et donc un nombre croissant de places inoccupées (CSRE, 2018). La formation des adultes (p. ex. grâce à la formation professionnelle initiale écourtée ou à l'admission directe à la procédure de qualification; SEFRI, 2014b; Schmid et al., 2017; Tsandev et al., 2017) ou, dans certains cas, l'admission de titulaires de la maturité gymnasiale dans la formation professionnelle initiale sont deux possibilités qui permettraient d'élargir le vivier de candidats potentiels.

En 2009, le taux de formation, autrement dit la part des entreprises qui forment des apprentis par rapport à l'ensemble des entreprises en mesure de le faire, s'élevait à 42 % (Strupler & Wolter, 2012). La disponibilité à former augmente de façon pratiquement linéaire avec la taille de l'entreprise: alors que quelque 30 % des entreprises comptant moins de dix collaborateurs forment des personnes, presque 80 % de celles employant plus de 99 collaborateurs et quasiment toutes celles employant plus de 500 collaborateurs sont actives dans la formation d'apprentis (Strupler & Wolter, 2012). En Suisse, comme en Allemagne, tant les grandes que les petites et moyennes entreprises participent donc systématiquement à la formation professionnelle initiale.

L'influence exacte de la formation professionnelle sur la capacité d'innovation des entreprises est examinée ci-après à la lumière de deux aspects. Le premier aspect concerne le lien entre les structures de qualification et les résultats des entreprises en termes d'innovation. L'autre aspect analyse dans quelle mesure ce lien est régulé et favorisé par des mesures relevant de la stratégie d'entreprise et de la politique en matière d'organisation et de personnel.

1.3.2 Diversité des formations et résultats en matière d'innovation dans les entreprises

Comme déjà expliqué au chapitre 1.2.5, un mélange adéquat de compétences (skill mix) au niveau systémique peut constituer un facteur favorisant l'innovation lorsqu'il réunit différentes sources de savoir, expertises ou expériences sur le terrain et renforce ainsi la créativité. De la même manière, un bon mélange de compétences est également susceptible d'encourager les innovations au niveau des entreprises (Bolli et al., 2017). Chez Maxon et Bühler Group AG, les équipes de R-D sont volontairement constituées de collaborateurs ayant suivi des formations variées – diplômés de la formation professionnelle initiale, de la formation professionnelle supérieure, des HES et des EPF/universités –

Exemple 5 Bühler Group AG¹⁷

Apprentie polymécanicienne, photos : Bühler Group AG



Apprenti automaticien

Bühler Group AG emploie plus de 12 500 collaborateurs à travers le monde et a généré un chiffre d'affaires supérieur à 3 milliards de francs en 2018. Les technologies de base de l'entreprise sont la mécanique et l'ingénierie des processus thermiques. La société, qui réalise la moitié de son chiffre d'affaires avec des produits de moins de cinq ans, investit environ 4 % à 5 % de son chiffre d'affaires chaque année dans la recherche fondamentale et le développement appliqué. Plus de 90 % de ces investissements sont consentis à Uzwil, le siège de la R-D. Bühler investit également 50 millions de francs dans un campus d'innovation qui a ouvert ses portes en 2019 à Uzwil.

Sur son site d'Uzwil, Bühler forme près de 300 apprentis dans les professions suivantes : constructeur d'appareils industriels, automaticien, technologue en fonderie, informaticien, dessinateur-constructeur industriel, polymécanicien, vernisseur industriel, employé de commerce et logisticien. La formation professionnelle initiale garantit à l'entreprise la main-d'œuvre qualifiée qui lui est nécessaire (à long terme) et lui permet de former ses spécialistes selon ses besoins. Elle garantit une expertise de qualité et un niveau élevé de mise en réseau et de compétences interculturelles et sociales. Cette combinaison de compétences techniques et interdisciplinaires est considérée comme un élément central de la force et de la rapidité d'innovation de l'entreprise.

Personnes en formation et innovation

Les apprentis sont impliqués dès le début de leur formation dans les processus de R-D. Les apprentis automaticiens, informaticiens et dessinateurs-constructeurs industriels sont ainsi directement affectés au domaine R-D et travaillent notamment dans la recherche fondamentale. Dans les laboratoires de recherche, ils collaborent par exemple avec les ingénieurs EPF et installent d'importantes sondes de mesure. Par ailleurs, les apprentis constructeurs d'appareils industriels ou polymécaniciens contribuent à la capacité d'innovation en œuvrant au développement

de solutions davantage axées sur la mécanique. C'est le cas, par exemple, lors de l'Innovation Challenge qui se déroule chaque année sous la direction du Chief Technology Officer. Tous les collaborateurs de Bühler dans le monde entier (y compris les personnes en formation) peuvent se regrouper en équipes et proposer des projets d'innovation. Après une présélection interne des projets, une vingtaine d'entre eux sont évalués à l'EPF de Zurich. L'une des six équipes sélectionnées dans le cadre de l'Innovation Challenge 2018 est entièrement composée de personnes en formation. Son objectif est de réduire drastiquement les émissions de poussières lors de la torréfaction des grains de café dans les pays dépourvus d'un réseau électrique stable. Le groupe de projet entend mettre au point une machine actionnée mécaniquement (c'est-à-dire sans électricité) pour retirer la peau des grains de café à l'aide d'un mortier en produisant peu de poussière, de manière à prévenir les problèmes de santé comme la cécité. Les personnes en formation prennent en charge la direction du projet, développent les prototypes et prévoient de développer la machine pour une production en série d'ici deux ans.

Mélange hétérogène de compétences, encouragement de l'échange de connaissances et compétences interdisciplinaires

Le groupe Bühler considère que trois conditions au moins doivent être réunies au niveau de l'engagement de personnel pour pouvoir maintenir sa capacité d'innovation. Tout d'abord, les structures de qualification ou le mélange des compétences doivent être suffisamment hétérogènes. C'est pourquoi le mélange des compétences comprend délibérément toutes les voies de formation, soit les diplômés de la formation professionnelle initiale, de la formation professionnelle supérieure (examens professionnels et professionnels supérieurs, écoles supérieures), des HES, des EPF et des universités. Deuxièmement, le flux de connaissances entre les différents types de collaborateurs est encouragé de manière ciblée, car il est considéré comme un élément central de la capacité d'innovation. Des mesures RH telles que la rotation

¹⁷ Pour des informations plus précises sur l'innovation, voir la version longue.

des postes, le travail en équipes et l'autonomisation permettent d'y parvenir. Troisièmement, des compétences interdisciplinaires et générales (soft skills) sont développées de façon spécifique, telles que l'aptitude à diriger, à créer un réseau, à gérer un projet ou encore les compétences interculturelles. L'entreprise encourage systématiquement l'acquisition d'aptitudes dans le domaine de la gestion de projet en faisant participer ses apprentis à une formation de responsable de projet d'une durée de quatre mois. Les compétences interculturelles sont notamment développées par le biais de séjours à l'étranger. Les apprentis en dernière année de formation peuvent ainsi se rendre pour plusieurs mois à l'étranger sur des sites du groupe Bühler et déjà se constituer un réseau international (p. ex. en Chine, au Vietnam, en Afrique du Sud, en Inde, en Angleterre, au Brésil, en France ou aux États-Unis) pendant leur formation professionnelle initiale, ce qui leur permet également de se familiariser avec d'autres cultures et modes de travail.

Sélection des personnes en formation et développement du personnel

L'importance accordée aux diplômés de la formation professionnelle présuppose également un grand soin dans la sélection des apprentis. Les prestations académiques revêtent ici un rôle moindre que l'adéquation à l'entreprise, à sa culture et à ses

tâches. L'attention se porte en particulier sur la passion et l'intérêt pour la profession, sur les talents (p. ex. la capacité de représentation), sur les aptitudes sociales, mais aussi sur la courbe d'apprentissage durant la période de préapprentissage.

Toutefois, la qualification des diplômés de la formation professionnelle se termine rarement avec la procédure de qualification (examen de fin d'apprentissage). La grande majorité des effectifs possède une variété de qualifications complémentaires formelles et informelles. Le développement des diplômés de la formation professionnelle (et du reste des employés) s'inscrit dans le cadre d'une formation continue formelle (p. ex. dans les écoles supérieures, les hautes écoles spécialisées, ou via la passerelle vers les EPF) ou des multiples possibilités de formation informelle tout au long de la vie.

Participation à l'actualisation du programme

Bühler s'engage en outre pour le développement des programmes de la formation professionnelle (voir aussi 1.2 et exemple 1). Actuellement, Bühler considère qu'il est important d'intégrer des contenus de formation tournés vers l'avenir, comme l'apprentissage d'un langage de programmation dans toutes les professions techniques.

dans le but d'augmenter la capacité d'innovation de l'entreprise (voir exemples 3 et 5). Les études empiriques quantitatives montrent que la structure de qualification des entreprises établies en Suisse affiche généralement une diversité relativement importante en termes de formation (Bolli et al., 2017; Meuer et al., 2015) et que celle-ci a une influence positive sur les innovations. Une relation positive apparaît par exemple au niveau de la phase précoce de l'innovation (découverte de nouvelles idées et voies de recherche; voir Bolli et al., 2017), mais aussi au niveau des innovations radicales, incrémentales ou organisationnelles (Meuer et al., 2015). Les effets sont perceptibles aussi bien dans les entreprises du secteur de production traditionnel que dans les entreprises de haute technologie. En outre, les différentes qualifications professionnelles semblent être tout aussi importantes pour les PME que pour les grandes entreprises et jouer un rôle central, en particulier dans le cas des entreprises qui évoluent dans un contexte de marché dynamique (Meuer et al., 2015 et Rupietta & Backes-Gellner, 2019). L'exemple de Novartis (exemple 4) va dans ce sens et montre comment une grande diversité des formations au sein des entreprises de la branche pharmaceutique peut constituer un facteur essentiel dans le domaine de l'innovation.

1.3.3 Diversité des formations et diffusion des connaissances à plusieurs niveaux

L'intégration de différentes sources de connaissances au sein de l'entreprise peut avoir des effets positifs sur la productivité et sa capacité d'innovation. La diffusion des connaissances entre col-

laborateurs ayant différents parcours de formation joue un rôle essentiel.¹⁸ Cela signifie que la productivité des employés qui ont suivi un certain type de formation augmente lorsqu'ils collaborent avec des employés disposant d'un autre type de formation. Alors que les études empiriques (à commencer par Moretti, 2004) analysent uniquement la diffusion allant des employés hautement qualifiés vers les employés peu qualifiés, l'étude de Backes-Gellner et al. (2017) montre qu'il existe également en Suisse une « diffusion inverse » qui va des diplômés de la formation professionnelle vers ceux des hautes écoles. Ce type de diffusion repose sur le fait que les formations professionnelles et académiques ne débouchent pas simplement sur des compétences plus ou moins élevées, mais génèrent des compétences différentes et complémentaires. Ainsi, si les diplômés universitaires ont des choses à apprendre aux diplômés de la formation professionnelle, l'inverse est également vrai. Les effets d'innovation constatés après la création des HES (voir chapitre 1.2.5) sont du même ordre (Lehnert et al., 2017; Pfister et al., 2018; Schultheiss et al., 2018). Les résultats empiriques montrent que la création des HES et le mélange accru de compétences qui l'accompagne renforcent la performance des entreprises en matière de dépôt de brevets. En outre, les annonces de postes révèlent que les profils recherchés pour des activités liées à la R-D sont non seulement des titulaires des nouveaux diplômes HES, mais également, et de plus en plus, des diplômés de la formation professionnelle qui sont convoités pour effectuer des tâches apparentées à la R-D; il existe ainsi des effets de diffusion à tous les niveaux.

¹⁸ Concernant l'importance de la diffusion, voir Bonander et al., 2016; Feldman & Audretsch, 1999; Feldman & Kogler, 2011; Glaeser, 2010; Liu, 2015.

1.3.4 Médiateurs du lien entre structures de qualification et innovation : la stratégie d'entreprise et la politique en matière d'organisation et de personnel

Il ressort des chapitres précédents que les entreprises peuvent combiner les différentes sources de connaissances des diplômés ayant suivi différents types et niveaux de formations dans le but d'accroître leur productivité et leur capacité d'innovation. Les réflexions théoriques et les études empiriques menées pour la Suisse montrent en outre que l'ampleur de cet effet dépend de l'insertion des structures de qualification dans des conditions cadres appropriées en matière d'organisation, de politique du personnel et de stratégie d'entreprise. Sur la base de l'enquête sur l'innovation menée par le KOF, Rupietta & Backes-Gellner (2019) sont en mesure d'identifier différentes configurations qui vont typiquement de pair avec les innovations d'entreprises. Les résultats montrent que le recours à la formation professionnelle est un élément fondamental dans presque toutes les configurations d'entreprises innovantes, qu'il s'agisse d'entreprises du secteur de production traditionnel ou d'entreprises de haute technologie. Les exemples présentés illustrent également l'importance considérable du lien entre les structures de qualification et les mesures en matière de politique du personnel pour l'innovation qui en résulte dans les entreprises. Ainsi, dans le domaine de la R-D, Novartis (exemple 4) fait volontairement intervenir de petites équipes, qui sont souvent composées de titulaires d'un doctorat et de diplômés de la formation professionnelle. Quant à maxon (exemple 3), elle entend favoriser l'échange de connaissances en constituant de manière ciblée des équipes qui réunissent des collaborateurs ayant effectué différents types de formations et issus de différents domaines. L'entreprise cultive ainsi une collaboration axée sur les compétences dans le cadre d'une hiérarchie plate s'étendant à tous les domaines et niveaux de formation.

La nationalité des entreprises peut également constituer un facteur important pour la mise en place de configurations innovantes (Backes-Gellner et al., 2016). En s'appuyant sur une étude portant sur des filiales de multinationales américaines en Suisse (et dans d'autres pays), les auteurs constatent que ces entreprises s'inspirent certes en partie de la configuration de leur maison mère, mais qu'elles sont également nombreuses à s'adapter aux conditions et aux configurations locales. Mühlemann (2014), qui a comparé des entreprises internationales établies en Suisse et des entreprises suisses quant à leur disponibilité à former, conclut également qu'il n'y a pas de différence statistique significative à ce niveau.

En résumé, on peut dire qu'il n'existe probablement pas de structure de qualification par excellence qui favorise l'innovation. Il faut plutôt admettre que la structure de qualification n'est pas le seul facteur déterminant, mais que c'est la combinaison de certaines structures de qualification précises avec des mesures appropriées en matière de stratégie d'entreprise et de politique du personnel qui est décisive pour obtenir les effets attendus dans le domaine de l'innovation. On constate toutefois qu'en Suisse, où le système de formation professionnelle est bien développé et efficace, les différentes formes de qualifications professionnelles

et leurs divers contextes et configurations jouent souvent un rôle important. Ce phénomène s'observe même dans les entreprises internationales, dont les maisons mères sont originaires de pays où le système de formation professionnelle n'est pas développé.

1.4 Niveau individuel

Les individus sont des acteurs essentiels du système de formation professionnelle dès lors que ce sont eux, en définitive, qui optent pour une formation professionnelle initiale et intègrent dans les processus de travail les aptitudes qu'ils ont acquises, contribuant ainsi à encourager la productivité et l'innovation. Les jeunes sont confrontés au choix initial entre un parcours de formation professionnelle ou un parcours de formation académique. Pour les adultes, il s'agit de poursuivre un parcours de formation formel. À long terme, l'apprentissage tout au long de la vie, la participation à la formation continue et l'adaptation permanente aux exigences nouvelles du poste de travail sont autant d'aspects auxquels les individus seront confrontés. Le fait que des personnes soient prêtes à se réorienter et restent ouvertes à la mobilité professionnelle joue un rôle prépondérant dans la capacité d'innovation d'un système économique. La perméabilité du système de formation et les perspectives de succès sur le marché du travail sont ici fondamentales.

Dans toutes ces décisions, les incitations, à savoir des considérations liées aux coûts et aux bénéfices au sens large, constituent un facteur important. C'est la raison pour laquelle nous analysons plus en détail dans les chapitres qui suivent les rendements associés aux différents diplômes et parcours de formation. Il s'agit dans un premier temps de relever et d'analyser les paquets d'activités et les compétences liés aux formations professionnelles initiales, afin de déterminer dans quelle mesure ils contribuent à la mobilité et à la flexibilité au sein du marché du travail (au moment de démarrer la carrière mais aussi ultérieurement). Dans un second temps, il s'agit de se pencher sur la possibilité qu'ont les individus d'accomplir des formations continues ou d'obtenir des niveaux de qualification plus élevés, ainsi que sur les incitations qui leur sont proposées à cet effet. D'une part, l'analyse montrera quelles filières de formation formelles sont proposées aux diplômés de la formation professionnelle afin d'obtenir une qualification plus élevée. D'autre part, il s'agit de voir dans quelle proportion les individus optent pour une qualification plus élevée et quel est l'effet de cette dernière sur la carrière en termes financiers (p. ex. sous la forme de hausses des salaires) et non financiers (p. ex. à travers une meilleure adéquation entre la formation et l'activité professionnelle).

1.4.1 Flexibilité et mobilité professionnelle dans le contexte de nouvelles exigences liées au travail

De manière générale, la flexibilité et la mobilité professionnelle de la main-d'œuvre dépendent de la possibilité de transférer ailleurs les savoirs, aptitudes et savoir-faire acquis par les individus, ainsi que les compétences afférentes qu'ils ont développées ul-

térieurement durant leur parcours de formation et leur carrière. La question pertinente en lien avec les innovations est de savoir dans quelle mesure les aptitudes acquises dans le cadre de la profession de départ peuvent être intégrées dans la suite des carrières, dans d'autres emplois, dans d'autres entreprises ou encore dans des professions nouvelles. La mesure dans laquelle les aptitudes acquises initialement sont transférables dans des emplois ayant été adaptés pour des impératifs d'innovation s'avère ici décisive. Dès lors que les possibilités de transfert augmentent, non seulement les individus sont davantage ouverts à l'innovation, mais les entreprises voient elles aussi leur capacité d'innovation se renforcer. Comme le montrent les études théoriques et empiriques, la question du transfert dépend essentiellement de la spécificité des professions apprises.

La théorie du capital humain de Becker (1962) et l'élargissement ultérieur de l'approche skill weights de Lazear (1999) fournissent une base théorique pour l'analyse de cette question. Becker a mis pour la première fois en exergue le fait qu'il fallait opérer une distinction entre qualifications générales et spécifiques, étant donné que les premières sont transférables sur le marché du travail, alors que les secondes ne sont exploitables que dans l'entreprise où elles ont été acquises (dans l'emploi où elles ont été acquises). L'approche skill weights précise ces deux concepts. Elle postule que les single skills (compétences individuelles telles qu'une aptitude, un savoir, un savoir-faire) doivent être distinguées des skill bundles (faisceaux de compétences). Alors que chaque single skill est de nature générale et est donc transférable, les faisceaux de compétences peuvent être très spécifiques et sont par conséquent difficilement transférables le cas échéant. Transposé à la formation professionnelle, cela signifie que les professions peuvent être interprétées comme des faisceaux de compétences qui regroupent des compétences individuelles d'importances diverses. Les faisceaux de compétences ou pondérations des différentes compétences individuelles au sein d'une profession peuvent être plus ou moins spécifiques, et donc plus ou moins facilement transférables. Une profession déterminée (autrement dit un faisceau de compétences déterminé) peut être située dans la zone spécifique ou, au contraire, générale du continuum en fonction de la particularité de sa combinaison de compétences par rapport aux faisceaux de compétences des autres professions sur le marché du travail. De cette comparaison découle un degré de spécificité, qui est crucial pour déterminer dans quelle mesure les diplômés de la formation professionnelle initiale sont flexibles et mobiles, dans quelle mesure ils sont bien préparés aux changements dans le monde du travail et s'ils sont aptes à contribuer eux-mêmes à la transition qui s'annonce. Un degré de spécificité plus faible des formations est un déterminant essentiel de la capacité d'innovation de la main-d'œuvre mais aussi un socle important pour la disponibilité des travailleurs à participer aux innovations qui se dessinent. En outre, un degré de spécificité plus faible va de pair avec un skill mix plus étendu, ce qui favorise l'émergence de solutions créatives et d'innovations. Dans le même temps, un degré de spécificité plus élevé contribue toutefois à comprendre plus en profondeur les processus de l'entreprise ou les produits, ce qui est également important pour les innovations. On peut conclure

Études relatives au degré de spécificité des professions et à la mobilité des diplômés de la formation professionnelle

Plusieurs études empiriques se sont intéressées au degré de spécificité des professions et à la mobilité des diplômés de la formation professionnelle. L'étude de Mure (2007) a ouvert la voie en utilisant pour la première fois l'approche skill weights afin d'analyser la spécificité des professions et la mobilité des diplômés de la formation professionnelle qui l'accompagne. Ultérieurement, des études de Geel et al. (2011) et d'Eggenberger et al. (2019) pour l'Allemagne ainsi qu'une étude d'Eggenberger et al. (2018) pour la Suisse ont aussi utilisé le concept de l'approche skill weights et ont surtout affiné la mesure des compétences individuelles et des faisceaux de compétences.

En résumé, les résultats empiriques montrent que les faisceaux de compétences acquis durant la formation professionnelle initiale sont plus ou moins spécifiques selon les professions. Les professions plus générales ont l'avantage de favoriser la mobilité (voir aussi à ce sujet Müller & Schweri, 2015), tandis que les emplois plus spécifiques du domaine de la profession apprise vont de pair avec une « prime de spécificité » et sont en moyenne mieux rémunérés, les changements y sont par conséquent plus rares (Eggenberger et al., 2019; 2018). Les diplômés de la formation professionnelle ne sont en aucun cas limités à la profession qu'ils ont apprise. Un éventail plus ou moins large de possibilités s'ouvre en effet à eux : non seulement ils savent être mobiles en passant d'une entreprise à une autre et en continuant d'y exercer la profession qu'ils ont apprise, mais ils sont aussi capables de passer d'une profession à une autre (au sein de la même entreprise ou dans une autre entreprise). Les changements de profession ne s'accompagnent de pertes de revenus que lorsque les professions sont très spécifiques ou presque singulières et qu'elles ne se trouvent pas dans des professions courues, si bien que la probabilité est élevée que ces changements impliquent d'exercer une profession dont les contenus peuvent être relativement éloignés de la profession précédente. Mais même dans ce cas, les pertes sont assez limitées et entraînent le cas échéant un relèvement de la prime de spécificité.

à une neutralisation des avantages et des inconvénients liés à un degré de spécificité plus ou moins haut, si bien qu'en général ni un faisceau de compétences tout à fait général ni un autre tout à fait spécifique n'est optimal.

L'une des conclusions fondées sur les résultats des études susmentionnées est qu'un enrichissement systématique des faisceaux de compétences des professions spécifiques au moyen de compétences individuelles largement répandues (p. ex. par des connaissances dans le domaine des technologies transversales ou encore par des compétences numériques transversales; voir Eggenberger & Backes-Gellner, 2019) permet de contrer un degré de

spécificité trop élevé, et donc d'accroître la capacité et la volonté d'innovation de manière systématique. Il s'agit là d'une grande chance pour le développement futur du système de formation professionnelle au sens d'une amélioration générale de la force d'innovation de la Suisse et d'une anticipation positive de la vague de numérisation attendue.

Compétences interdisciplinaires et soft skills (compétences générales) en tant que compétences transversales

Le changement lié à l'innovation exige non seulement des compétences techniques, mais aussi des compétences interdisciplinaires telles que l'aptitude à communiquer et à travailler en équipe, l'intelligence sociale, autrement dit des compétences générales (Aeppli et al., 2017; Bolli & Renold, 2017; Schweri & Iten, 2018). Une étude de Salvisberg (2010) examine ces compétences générales à l'aide des offres d'emploi du Moniteur suisse du marché de l'emploi et relève une forte hausse de la demande, surtout dans les années 1990. L'étude attribue cette hausse aux transformations structurelles, à l'introduction du travail sur ordinateur et aux changements organisationnels. Les études de cas présentées plus haut, qu'elles émanent des associations ou des entreprises, montrent aussi que les compétences générales gagneront encore en importance à l'avenir. Ces dernières agissent comme des compétences transversales au sein des faisceaux de compétences professionnelles. Elles réduisent le degré de spécificité professionnelle et améliorent les chances de mobilité professionnelle. Si les compétences générales peuvent être acquises sur tous les lieux d'apprentissage, aussi bien dans l'entreprise, à l'école professionnelle que dans le cadre des cours interentreprises, on part aujourd'hui du principe que l'environnement de l'entreprise lui-même joue un rôle majeur dans le développement des compétences générales (Bolli & Hof, 2018; Bolli & Renold, 2017; Hoeschler et al., 2018). Dans la littérature internationale aussi, on reconnaît désormais de plus en plus le fait que la formation professionnelle peut s'avérer avantageuse en ce qui concerne le développement de traits de personnalité non cognitifs (voir Heckman & Kautz, 2012). Toutefois, le rôle précis de la formation professionnelle dans la transmission de ces compétences et la manière dont ces dernières influencent les facteurs du marché du travail et les prestations d'innovation constitue un champ d'étude relativement récent qui nécessiterait instamment de nouvelles recherches.

1.4.2 Qualification individuelle supérieure et formation continue en réponse aux exigences croissantes liées à l'emploi

Les innovations vont souvent de pair avec une modification des activités et des compétences, ce qui entraîne dans la plupart des cas – mais pas toujours – des exigences plus élevées en matière de qualifications. Les avis divergent quant aux impacts de ce phénomène sur le marché du travail et sur les travailleurs, dont les qualifications sont inégales.

Selon l'hypothèse de la polarisation qui prédomine en particulier dans la recherche anglo-saxonne, les changements technolo-

giques réduisent surtout la part des employés moyennement qualifiés (tandis que la part des employés peu qualifiés ou hautement qualifiés augmente). Pour la Suisse ou d'autres pays disposant d'un système de formation professionnelle bien développé, de telles tendances ne peuvent cependant pas être confirmées, comme le montrent Schweri & Iten (2018), Rinawi & Backes-Gellner (2015) ou la Commission d'experts en recherche et innovation (2016).

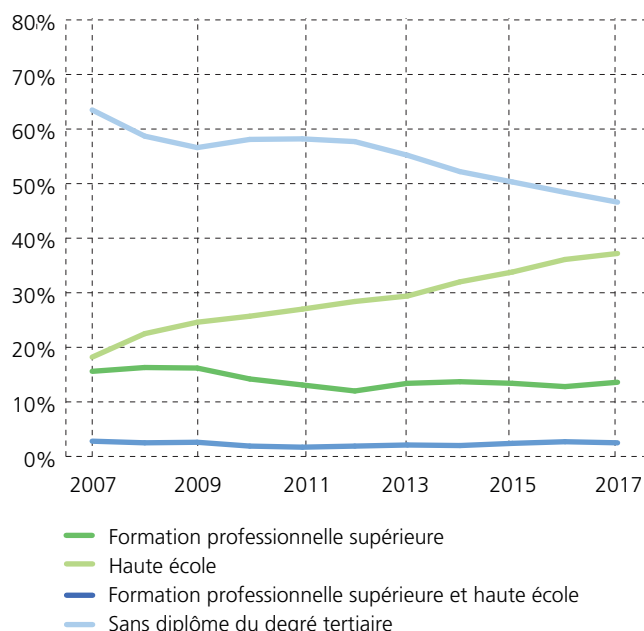
En résumé, on peut dire qu'en Suisse, les professions exigeant un niveau de qualification intermédiaire reposent sur un éventail de compétences et d'activités beaucoup plus large qu'aux États-Unis par exemple et que, de ce fait, les emplois requérant un niveau de qualification intermédiaire sont comparativement plus faciles à remplacer intégralement par des outils technologiques aux États-Unis qu'en Suisse. Parallèlement, les innovations s'accompagnent souvent aussi d'une tendance à la mise à niveau des emplois.

Le système suisse de formation professionnelle offre pour sa part de bonnes conditions pour une telle mise à niveau (Falk & Biagi, 2015; Wolter et al., 2015). Premièrement, grâce aux mises à jour constantes des programmes dès leur commencement, les formations professionnelles initiales proposées en Suisse donnent aux personnes en formation des paquets de qualifications tournés vers l'avenir. Deuxièmement, la formation professionnelle offre une mobilité au sens large à ses diplômés, qui leur permet de passer d'une entreprise ou d'une profession à une autre. Troisièmement, la formation professionnelle met aussi l'accent sur les compétences interdisciplinaires, telles que les soft skills (compétences générales) ou les compétences méthodologiques, dont l'importance ne cesse de croître (voir chapitres 1.2 et 1.4.1). Par ailleurs, le profond ancrage du système de la formation professionnelle dans le système de formation dans son ensemble offre aux diplômés de la formation professionnelle un large éventail de possibilités d'obtenir une qualification plus élevée.

Un tel éventail de possibilités de formations formelles crée des conditions extrêmement propices, les travailleurs étant à même de continuer à exercer leur emploi lorsque ce dernier est mis à niveau (étant donné qu'ils auront pu continuer à développer de manière systématique les paquets de qualifications acquis initialement).

En même temps, le large éventail de possibilités de formation motive les jeunes pour commencer leur carrière par un diplôme professionnel du degré secondaire II (Wolter & Ryan, 2011), étant donné qu'ils conservent la possibilité de profiter ultérieurement d'offres de formation séduisantes pour accroître leurs qualifications et d'emprunter des parcours de carrière professionnelle attrayants.

Les données de l'Office fédéral de la statistique montrent également que les nombreuses offres proposées sont exploitées et rentables. La part des diplômés du degré tertiaire parmi les 30-34 ans n'a cessé d'augmenter au cours des dix dernières années, passant de 35 % à plus de 50 %. Si la part des diplômés de la formation professionnelle supérieure est restée stable à environ 15 %, le nombre des diplômés des HES a quant à lui augmenté (graphique C 1.6).

Graphique C 1.6 : Part des diplômes du degré tertiaire dans la population âgée de 30 à 34 ans

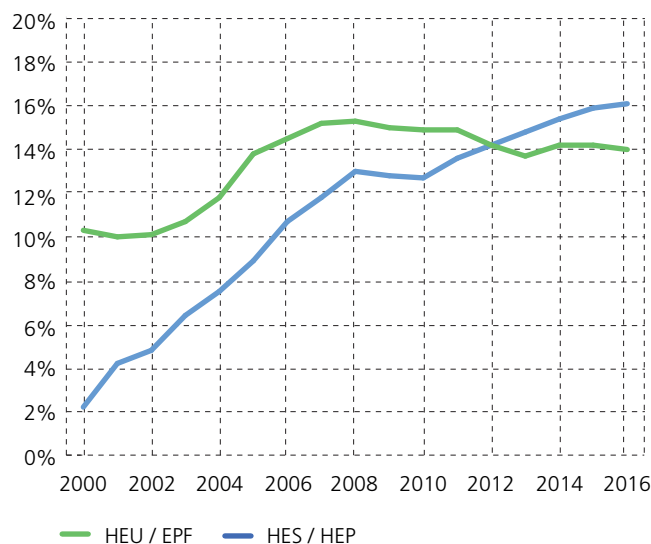
Source : OFS & Enquête suisse sur la population active (ESPA), calculs de Backes-Gellner & Pfister

Le graphique C 1.7 montre que depuis 2012, la part des diplômés HES/HEP – mesurée à leur proportion au sein de la population résidente du même âge – est même supérieure à celle des diplômés des HEU/EPF. Cette situation est toutefois attribuable en partie à des « ruptures structurelles » dans les diplômes (professions du secteur Santé, affaires sociales et arts ainsi que mise en œuvre des directives de Bologne) et par l’immigration.

En outre, un grand nombre d’études empiriques montrent que les parcours professionnels de formation ou les parcours mixtes aboutissent aussi à des rendements de formation compétitifs (voir chapitre 1.4.3). Par exemple, les études empiriques de Backes-Gellner & Tuor (2010) et Pfister et al. (2017) montrent que la perméabilité est bien utilisée et que les parcours de formation mixtes affichent des rendements individuels comparativement élevés pour un risque comparativement assez faible (voir également chapitre 1.4.3).

Les possibilités offertes aux diplômés de la formation professionnelle d’obtenir un niveau de qualification plus élevé sont donc exploitées et constituent une base solide pour le développement continu du personnel dans le contexte de l’innovation.

Il incombera à des recherches plus approfondies de déterminer dans quelle mesure ces conclusions sont transposables à d’autres domaines et avec quels avantages et inconvénients. Un travailleur formé dans le domaine de la santé peut par exemple tout aussi bien avoir été formé dans une haute école spécialisée (HES) que dans une école supérieure (ES). En Suisse romande, cette personne sera

Graphique C 1.7 : Parts des diplômes HES / HEP et HEU / EPF dans la population âgée de 30 à 34 ans

Source : OFS, illustration de Backes-Gellner & Pfister

presque toujours issue d’une HES, alors qu’elle proviendra le plus souvent d’une ES en Suisse alémanique. Reste à voir s’il est possible de distinguer de manière suffisante les profils des différentes filières de formation du degré tertiaire dans ce domaine (CSRE, 2018) et dans quelle mesure ils sont interchangeables.

En résumé, on peut dire que l’éventail de possibilités de développement et d’employabilité de la main-d’œuvre offertes par le système suisse de formation professionnelle prépare bien cette dernière à un environnement de travail changeant. D’abord, il permet aux diplômés de la formation professionnelle initiale d’atteindre un degré élevé de mobilité entre entreprises et entre professions. Ensuite, il offre une large palette de possibilités de formation formelle adaptées aux besoins les plus divers (y compris des diplômés du degré tertiaire des voies professionnelles comme académiques). Le large spectre des formations professionnelles initiales prépare aussi à de nombreuses offres de formation non formelles et informelles,¹⁹ ce qui est également déterminant pour la capacité d’innovation du système économique.

¹⁹ La loi sur la formation continue (art. 3) distingue trois formes de formation : 1. La formation formelle comprend les filières de formation structurée du degré secondaire II (formation professionnelle initiale, école de commerce, gymnase), les diplômes de la formation professionnelle supérieure (examen professionnel, examen professionnel supérieur, école supérieure), ainsi que les diplômes des hautes écoles (bachelor, master, doctorat). La formation formelle est donc régie légalement et conduit à un titre reconnu au plan fédéral. 2. La formation non formelle est régie par la loi sur la formation continue, comprend les offres de formation continue structurées en dehors de la formation formelle, par exemple des ateliers, des formations autogérées, les formations continues dans les hautes écoles (CAS, DAS, MAS). 3. La formation informelle a lieu en dehors des filières de formation structurées et réglementées et comprend par exemple l’apprentissage individuel sur le lieu de travail.

Adéquation entre les aptitudes acquises et les exigences du marché du travail

Les résultats empiriques des études dites d'inadéquation (mismatch) montrent une faible inadéquation pour les diplômés de la formation professionnelle en Suisse. Une inadéquation signifie que les aptitudes acquises par les travailleurs et celles exigées par les employeurs (pour un emploi) ne sont pas concordantes ou ne le sont que dans une faible mesure (voir Buchs & Buchmann, 2017 ; Eymann & Schweri, 2015). Les résultats empiriques pour la Suisse indiquent que l'adéquation est généralement bonne sur le marché du travail suisse, voire excellente en comparaison internationale. Par ailleurs, rien n'indique une augmentation des inadéquations au cours des 15 dernières années (voir Aepli et al., 2017). Eymann & Schweri (2015) montrent aussi qu'en moyenne, l'inadéquation n'affecte pas davantage les personnes ayant suivi une formation professionnelle et concluent que la mobilité des diplômés de la formation professionnelle est même plus grande que ce que l'on a souvent supposé. Plus récemment, Buchs & Buchmann (2017) ont conclu que les taux d'inadéquation les plus faibles étaient rencontrés pour les diplômés des formations professionnelles initiales et de la formation professionnelle supérieure.

Pfister et al (2018) et Lehnert et al. (2017) montrent en outre qu'une qualification supérieure obtenue dans les hautes écoles spécialisées dans une branche MINT a non seulement pour effet que les diplômés correspondants sont bien insérés sur le marché du travail, mais contribue aussi de manière substantielle à la force d'innovation de l'économie suisse (mesurée par la quantité et la qualité des brevets) (voir également chapitre 1.2.5). Les études de cas sur maxon et Bühler Group AG (études de cas 3 et 5) montrent que les diplômés HES des branches MINT ont des profils distincts de ceux des diplômés de la formation professionnelle supérieure et des EPF/universités et que cette diversité, précisément, est essentielle au processus d'innovation.

Du point de vue de la capacité d'innovation, la diversité des offres de la formation professionnelle initiale est l'une des forces du système suisse, car elle est l'une des conditions majeures pour maîtriser les défis liés aux emplois de demain, dont la transformation est par essence difficilement prévisible. Une offre variée de possibilités de qualification est une bonne condition préalable pour que les individus soient capables de faire face aux changements liés à l'innovation et motive par la même occasion les individus à contribuer de manière systématique à l'émergence des innovations.

1.4.3 Parcours professionnels, possibilités d'avancement et incitations à la formation continue et à l'innovation

De bonnes perspectives d'emploi, une évolution attrayante des parcours professionnels ainsi que des possibilités d'avancement sont absolument centrales pour inciter des personnes talentueuses à opter pour une formation professionnelle. Il faut souligner ici que des salaires et des choix de carrière compétitifs représentent des incitations importantes. Le calcul des rendements de formation est un moyen d'exprimer en termes financiers dans quelle mesure les parcours professionnels et les possibilités d'avancement sont attrayants.

Alors qu'il est fréquent dans les études internationales que les carrières de formation professionnelle montrent des rendements de formation plus faibles que les carrières académiques (voir p. ex. Conlon, 2006 pour le Royaume-Uni), des résultats empiriques pour la Suisse présentent une image positive assez uniforme (voir p. ex. Sheldon, 1992 ; Weber, 2003 ; Weber & Wolter, 1999 ; Wolter & Weber, 1999 ; ainsi que d'autres exemples dans la version longue).

Les résultats empiriques sur les parcours de formation en Suisse et les facteurs liés au marché du travail montrent que la formation professionnelle est une alternative, à la fois compétitive et attrayante, à une carrière académique. La voie de la formation professionnelle ou les parcours mixtes vont de pair avec des parcours professionnels, des choix de carrière et des possibilités d'avancement attrayants. Il s'agit là d'une condition préalable importante pour que des personnes talentueuses s'engagent, en fonction de leurs préférences et de leurs aptitudes, dans les divers parcours professionnels et pour que soit disponible, aux niveaux systémique et des entreprises, un mélange adéquat de compétences et de travailleurs hautement qualifiés, issus de la formation professionnelle et du monde académique.

Études relatives aux rendements de formation des carrières de la formation professionnelle

Les études révèlent que tant au degré secondaire II qu'au degré tertiaire, les rendements des filières de formation professionnelle sont élevés et à peu près identiques; ils sont parfois même supérieurs aux rendements des filières de formation académique. Balestra & Backes-Gellner (2017) montrent en outre que les rendements varient très fortement selon les voies de formation et que les rendements moyens ne profitent pas de manière égale à tout le monde. Si pour les tranches de revenus situés au sommet de l'échelle des revenus, une formation académique donne de meilleurs rendements que la formation professionnelle, il n'y a aucune différence entre les deux filières dans la tranche des revenus moyens et la formation professionnelle donne même des rendements plus élevés qu'une formation académique dans la tranche des bas revenus. Cela signifie que pour la majorité de la population active, la formation professionnelle génère des rendements identiques, voire supérieurs à ceux d'une formation académique.

Wolter & Weber (1999) calculent aussi les rendements individuels de la formation sur la base du modèle coûts/bénéfices et constatent des effets positifs significatifs pour toutes les filières de formation postobligatoires. Cattaneo (2011) calcule les rendements pour les écoles supérieures, ainsi que pour les examens professionnels et les examens professionnels supérieurs, et relève également des revenus élevés et, statistiquement, sensiblement plus élevés. Backes-Gellner & Geel (2013) comparent les salaires, le risque de chômage et la dispersion salariale entre diplômés des hautes écoles universitaires (HEU) et des hautes écoles spécialisées (HES) au début de leur carrière et à un stade ultérieur (cinq ans après l'obtention du diplôme). Leurs résultats mettent en évidence des salaires plus élevés pour les diplômés des HES et une dispersion salariale plus faible au début de la carrière; le risque de chômage, à peu près identique pour les deux types d'études, est faible. Plus tard dans la carrière, les différences salariales entre les diplômés HES et les diplômés HEU disparaissent, mais les premiers restent moins exposés au risque de chômage. En outre, les études d'inadéquation (mismatch) réalisées par Eymann & Schweri (2015) et Buchs & Buchmann (2017) suggèrent que les diplômés des différentes filières de formation professionnelle exercent un emploi correspondant

à leurs qualifications, car elles ne montrent qu'une faible inadéquation (voir également Schultheiss et al., 2018). De plus, le rendement de formation des personnes ayant des parcours mixtes est compétitif également. Backes-Gellner & Tuor (2010) analysent les rendements individuels de formation de diplômés du degré tertiaire ayant suivi un parcours dit « mixte ». Ces parcours mixtes comprennent les personnes qui ont commencé leur parcours de formation au degré secondaire II et l'ont bouclé par une formation académique du degré tertiaire, ou encore qui l'ont commencé par une formation scolaire puis sont passées dans une filière de la formation professionnelle supérieure ou une filière HES. En plus des rendements individuels, l'étude calcule l'incertitude liée au revenu (c'est-à-dire la dispersion salariale) des divers parcours de formation. Les résultats empiriques montrent que les parcours mixtes ont les rendements moyens les plus élevés, pour un risque lié au revenu à peu près aussi faible que tous les autres parcours de formation. Pfister et al. (2017) arrivent à des conclusions similaires : les différences de revenus sont davantage déterminées par le champ de formation (p. ex. la santé par opposition à l'économie) que par le type de formation (professionnelle par opposition à universitaire). Ils montrent par ailleurs que la combinaison de différents types de formation mais aussi celle de différents domaines de formation (p. ex. l'économie avec le domaine MINT) sont valorisées par des gains salariaux sur le marché du travail.

En ce qui concerne les parcours mixtes, Backes-Gellner et al. (2010) montrent également que la probabilité de devenir entrepreneur est plus élevée chez les personnes ayant des parcours de formation mixtes que chez les personnes ayant des parcours strictement professionnels ou purement académiques. Dans le même temps, les résultats montrent aussi, comme on peut s'y attendre, que les entrepreneurs, quel que soit leur parcours de formation, prennent en moyenne un risque plus élevé que les travailleurs salariés. La probabilité plus élevée de devenir un entrepreneur quand on a suivi un parcours mixte s'explique aisément dans le contexte de la théorie du Jack-of-all-Trades de Lazear : les entrepreneurs ont besoin d'un faisceau de compétences plus étendu et équilibré, qui s'acquiert plutôt en ayant effectué un parcours de formation mixte (voir aussi Backes-Gellner et al., 2010).

1.5 Conclusions et défis

En résumé, on peut affirmer qu'en Suisse, la formation professionnelle constitue un élément essentiel du système d'innovation qui, grâce à différents acteurs et mécanismes, contribue à son tour dans une large mesure à la capacité d'innovation de l'économie suisse.

La formation professionnelle permet aux spécialistes d'acquérir un savoir-faire pratique approfondi ainsi qu'un large éventail de compétences professionnelles complétées par des compétences méthodologiques et sociales. Ces personnes sont formées en suivant des programmes dont les contenus sont régulièrement mis à jour et axés sur l'innovation, comme le montrent les exemples présentés ci-dessus concernant l'actualisation des programmes de formation dans les professions MEM et de technicien-dentiste. L'étendue de la formation donne aux diplômés de la formation professionnelle une flexibilité et une mobilité qui augmentent leur capacité et leur disponibilité à participer aux innovations des entreprises et à les faire progresser.

Il est donc possible de mettre en évidence des effets positifs de la formation professionnelle sur l'innovation au niveau des entreprises. Les entreprises qui forment des personnes sont plus innovantes que celles qui ne le font pas. Les entreprises qui disposent d'une large palette de compétences, avec des diplômés de la formation professionnelle initiale et supérieure, des HES et des universités, sont également plus innovantes que celles dont la structure des qualifications est unilatérale. Les exemples de Novartis, de Maxon et de Bühler Group AG illustrent ces corrélations et soulignent l'importance de la formation professionnelle de manière générale mais aussi celle du mélange de compétences et de la synergie entre diverses sources de connaissances, en particulier pour le processus d'innovation dans les entreprises. Les diplômés des HES jouent un rôle essentiel de pont entre les diplômés de la formation professionnelle et ceux des universités/EPF. Les effets du mélange de différentes compétences sur l'innovation sont attestés aussi bien au niveau des différents types d'innovations qu'au niveau des branches, des contextes de marché ou des tailles d'entreprise.

Du point de vue de la capacité d'innovation, la formation professionnelle suisse dispose également des atouts de la diversité des opportunités de promotion et de la grande mobilité dans le domaine professionnel, qui sont des conditions essentielles pour répondre aux exigences variables et par nature difficilement prévisibles liées à l'emploi. La transformation induite par l'innovation nécessite non seulement des compétences techniques, mais aussi des compétences interdisciplinaires (soft skills), comme l'aptitude au travail en équipe, l'organisation autonome ou les capacités en matière de communication. Les études empiriques montrent que le lieu de formation entreprise, qui est au centre de la formation professionnelle suisse, est très efficace pour le développement de ce type de compétences.

La formation professionnelle soutient et favorise donc de diverses manières la capacité d'innovation des entreprises suisses et de l'économie dans son ensemble. Certaines conditions ou certains éléments structurels jouent toutefois un rôle décisif dans les effets d'innovation, et ce à différents niveaux.

Au **niveau du système**, le partenariat au sein duquel l'État et les organisations du monde du travail (entreprises comprises) collaborent dans différents domaines, en particulier dans le cadre de l'actualisation des programmes, est un premier élément important de la contribution du système de formation professionnelle à l'innovation. Il est gage de qualité et de pérennité de la formation professionnelle. L'actualisation en commun des programmes de la formation professionnelle initiale est un aspect essentiel de l'efficacité en matière d'innovation (voir exemples de la révision des professions MEM et de la profession de technicien-dentiste). Un deuxième élément est la perméabilité du système éducatif. La grande perméabilité assure aux travailleurs des conditions idéales pour s'adapter aux changements qui interviennent dans les exigences professionnelles et pour faire progresser ces changements.

Au **niveau des entreprises**, la formation professionnelle contribue aussi à l'innovation par le biais de deux éléments essentiels. Premièrement, il s'agit de la participation suffisamment large des différents types d'entreprises (grandes/petites, novatrices/traditionnelles, production/prestations, etc.) à la formation professionnelle en entreprise. Deuxièmement, le mélange adéquat de compétences au sein de l'entreprise joue également un rôle important. Dans ce contexte, les effets d'innovation des entreprises sont renforcés lorsque celles-ci mettent en place des configurations de mesures portant sur la stratégie d'entreprise et la politique en matière de personnel et d'organisation qui sont coordonnées entre elles. Il n'y a pas de configuration innovante par excellence. Toutefois, dans les entreprises suisses, nombreuses sont les configurations où la présence de main-d'œuvre issue de la formation professionnelle représente un composant important.

Le **niveau de l'individu** compte également deux éléments essentiels pour la capacité d'innovation du système de formation professionnelle. Premièrement, il faut que le système éducatif et le marché du travail disposent de mesures incitatives qui encouragent aussi les jeunes gens particulièrement doués à opter pour une formation professionnelle initiale. Deuxièmement, les personnes ayant suivi une formation professionnelle initiale doivent être préparées à l'évolution des exigences professionnelles et à la modernisation des places de travail grâce à des possibilités variées de qualification supérieure formelle et d'apprentissage tout au long de la vie.

Les analyses empiriques concernant la Suisse traitées dans la présente étude montrent qu'à ce jour, notre pays répond aux conditions citées. Cependant, il existe également des défis de taille auxquels il faudra faire face et qui sont décisifs pour le maintien à long terme de la grande capacité d'innovation du système suisse. Les principaux défis se situent, eux aussi, à trois niveaux.

Au **niveau du système**, on dénombre deux défis :

1) Équilibre des intérêts au sein du système de formation professionnelle et maintien de la large participation des entreprises
La garantie de l'équilibre des intérêts entre les différents types d'entreprises participant au système de formation professionnelle et une participation toujours aussi large d'une grande variété d'entreprises à la formation professionnelle initiale constitue un défi important. Il existe par exemple un champ de tension entre des entreprises plus ou moins innovantes en ce qui concerne les futurs contenus de formation. Dans une perspective d'innovation, il conviendrait certes de toujours privilégier les contenus novateurs, mais la participation massive de toutes les entreprises suppose le maintien, sous une forme ou une autre, d'un certain équilibre entre les différents intérêts. Cela peut par exemple passer par une différenciation appropriée des profils professionnels, par des centres de cours interentreprises ou par des formations communes ou éventuellement des cours interentreprises communs. Les organisations du monde du travail jouent un rôle essentiel dans ce contexte. Elles doivent continuer à tout mettre en œuvre pour garantir un équilibre des intérêts tourné vers l'avenir, tout en établissant des contenus de formation qui soient le plus possible axés sur l'innovation afin de soutenir la capacité d'innovation de la Suisse.

2) Coordination systémique entre institutions de la formation professionnelle et institutions académiques

Le deuxième défi qui se pose au niveau du système consiste à assurer un pilotage et une coordination adéquats de la formation professionnelle et de la formation académique. Au degré secondaire II, ce pilotage se concrétise par exemple dans le nombre trop faible de candidats aux places d'apprentissage, qui va notamment de pair avec une offre excédentaire de places dans les écoles préparant à la maturité. Au degré tertiaire, le danger consiste à voir les HES diluer leur profil autonome et se positionner en concurrence avec les universités ou même la formation professionnelle supérieure.

Ainsi, certaines HES s'éloignent de leur orientation initiale vers la profession et l'application pour revêtir un profil universitaire.²⁰ Certaines HES et branches ciblent de plus en plus leur enseignement et leur recherche sur des diplômés issus du système de formation générale et académique. En plus de détourner les voies de promotion des diplômés de la formation professionnelle de leur vocation première, cette évolution affaiblit la fonction de pont assumée par les diplômés des HES dans le système d'innovation actuel.

La dilution progressive du profil initialement clair des hautes écoles spécialisées se manifeste également dans les domaines où des HES proposent par exemple des formations continues sanctionnées par un MAS en concurrençant les formations profession-

nelles supérieures. L'académisation des formations auparavant professionnelles (p. ex. dans le domaine de la santé et du social) soulève, elle aussi, des questions portant sur le besoin effectif de diplômes académiques par rapport à des professionnels davantage axés sur la pratique et ayant bénéficié d'une formation de haut niveau dans le cadre de la formation professionnelle supérieure. L'observation systématique de ces évolutions spécifiques et surtout la coordination avec le système éducatif supérieur constitue une tâche cruciale à l'avenir. Il serait important que tous ces développements ne se fassent pas de manière désordonnée, mais que des organes de coordination entre les autorités responsables des hautes écoles et la formation professionnelle soient chargés d'examiner les questions qui concernent l'ensemble du système et de clarifier l'éventuel besoin de réglementation avec les autorités compétentes de la Confédération et des cantons.

Au **niveau des entreprises**, on dénombre trois défis majeurs :

1) Participation d'entreprises (innovantes) au système de formation professionnelle

Comme expliqué plus haut, la participation d'entreprises innovantes au système de formation professionnelle, et surtout à l'élaboration et à l'actualisation des programmes est une condition fondamentale pour maintenir ces derniers en adéquation avec les développements technologiques. Aucune étude empirique n'étant disponible dans ce domaine, il est impossible d'évaluer si la participation des entreprises a connu un changement (et, le cas échéant, de savoir dans quelle mesure ces changements ont affecté les différentes branches ou professions). Cet aspect devrait toutefois être suivi avec attention à l'avenir, car il occupe une place importante dans la capacité d'innovation du système de formation professionnelle. Il existe donc ici avant tout un besoin en termes de recherche.

2) Participation de nouvelles entreprises et d'entreprises internationales

Un autre défi auquel la formation professionnelle doit faire face est le nombre croissant de nouvelles formes d'entreprises et d'entreprises internationales, qui n'ont pas de tradition dans le domaine de la formation professionnelle et qui, de ce fait, sont probablement plutôt réticentes à y participer. Sur le plan empirique, l'ampleur de ce problème n'est pas facile à déterminer. Alors que les comparaisons descriptives simples indiquent bel et bien que les entreprises internationales sont moins actives dans la formation que les entreprises indigènes, Mühlemann (2014) a pu démontrer que cela n'était pas le cas si l'on tenait compte des différences régionales et des spécificités des branches. La participation d'entreprises technologiques internationales à la formation professionnelle en Suisse²¹ telle qu'elle est observée dans des cas individuels indique que le problème n'est pas insoluble. Un suivi serait toutefois nécessaire.

²⁰ Dans ce contexte, on parle souvent aussi « d'académisation » des HES; toutefois, l'emploi du terme « académique » de manière générale s'avère problématique (cf. Renold, 2015).

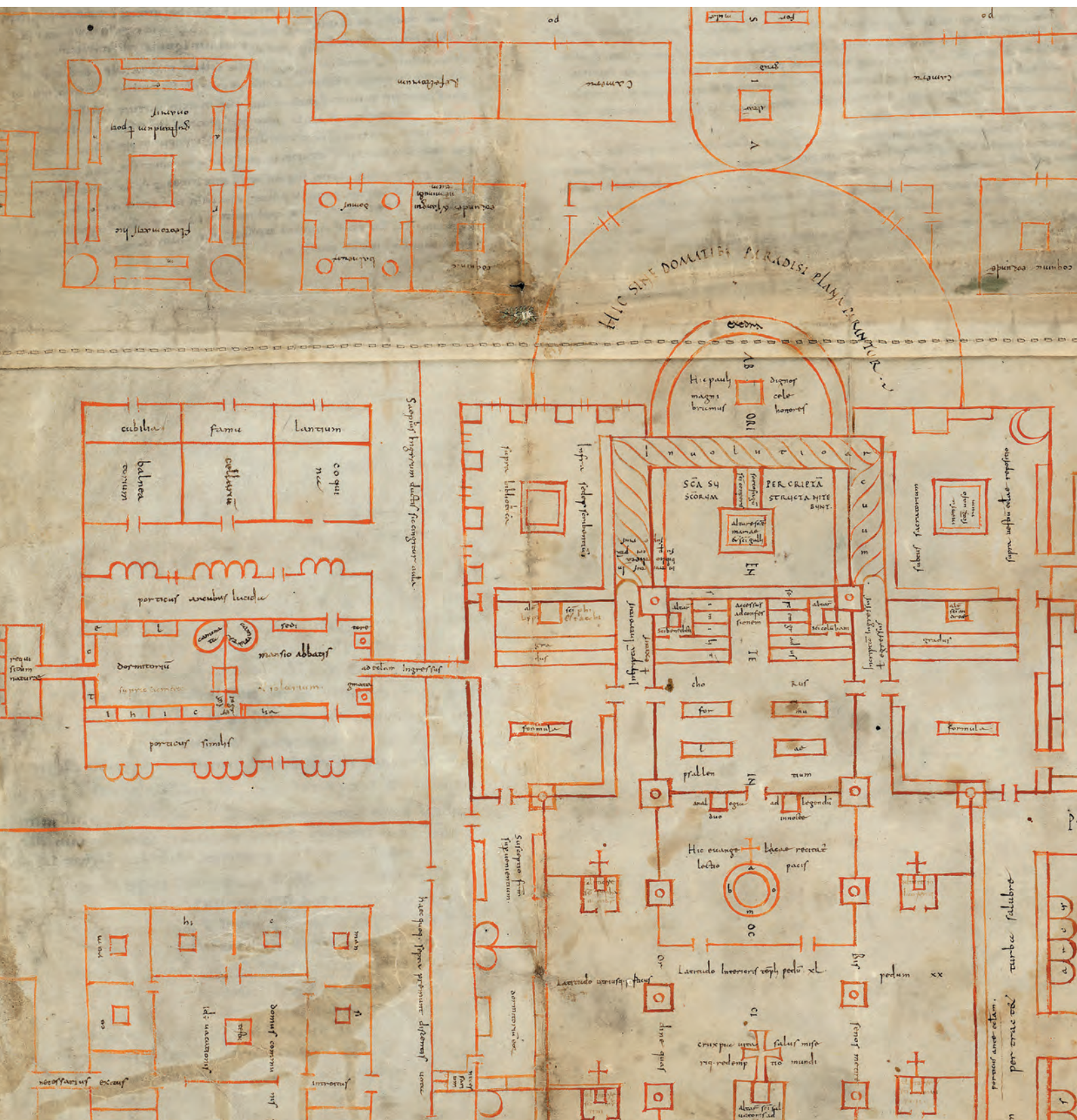
²¹ Cf. p. ex. Google: www.yousty.ch/fr-CH/places-d-apprentissage/profile/9648889-informaticien-ne-cfc-developpement-d-applications-zurich-zh-google-switzerland-gmbh.

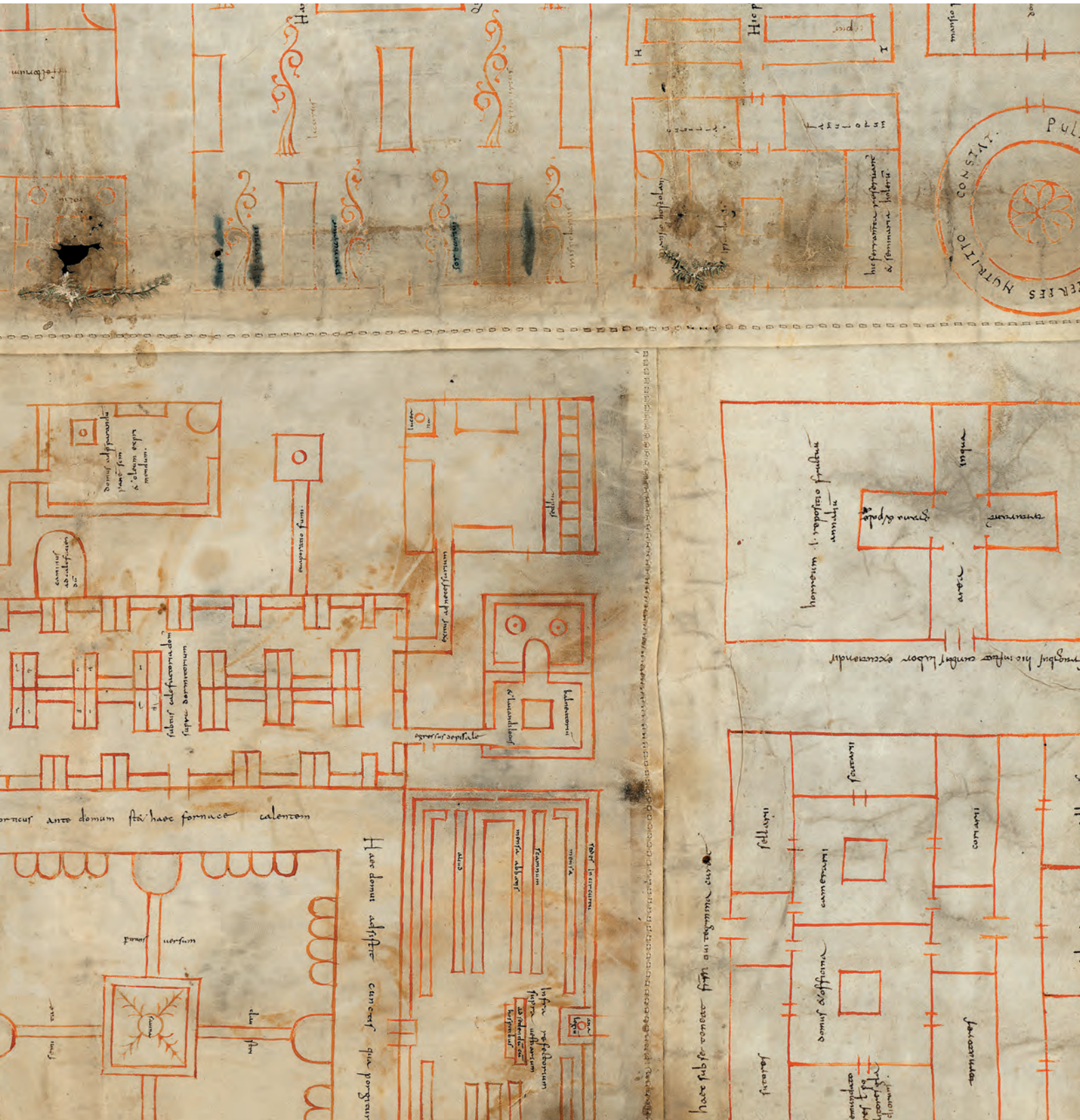
3) Gestion de la diminution du nombre d'élèves et de candidats aux places d'apprentissage

La diminution du nombre de candidats aux places d'apprentissage constitue un autre défi auquel les entreprises sont confrontées. Cette situation complique le recrutement de personnes en formation et entraîne une hausse du nombre de places inoccupées. La diminution du nombre de candidats trouve son origine dans l'évolution démographique et dans le recul du nombre de jeunes en raison de volées à faible taux de natalité. Étant donné qu'en moyenne les gymnases n'ont pas réduit, mais augmenté le nombre de leurs places, et ce malgré le déclin de l'effectif des cohortes, la formation professionnelle doit supporter à elle seule les conséquences de la baisse du nombre d'élèves; les répercussions qui en résultent pour le système suisse de formation et d'innovation sont néfastes.

Au **niveau de l'individu**, le défi principal qui se pose à la capacité d'innovation de la formation professionnelle consiste à assurer l'attrait de la formation professionnelle pour les jeunes hautement qualifiés, en particulier lorsque ceux-ci sont nés dans des périodes à faible taux de natalité. Comme décrit plus haut, la formation professionnelle offre des perspectives professionnelles tout à fait intéressantes en termes de risque de chômage, de revenus, de choix de carrière et de possibilités de promotion. Toutefois, pour ce qui est du statut social, la formation académique est parfois considérée supérieure à la formation professionnelle initiale et à la formation professionnelle supérieure. C'est en particulier le point de vue des personnes qui n'ont pas d'expérience avec les systèmes duals de formation professionnelle. Il s'agit souvent (mais pas toujours) de personnes qui ne sont pas suisses (Abrassart et al., 2017; Cattaneo & Wolter, 2016). Bolle et al. (2018b) montrent qu'en Suisse, la formation professionnelle peut encore être considérée comme occupant une position sociale élevée. Cette position doit être maintenue, car un statut social négatif aurait des répercussions néfastes à long terme sur l'attrait de la formation professionnelle dans son ensemble, notamment en ce qui concerne les jeunes particulièrement doués et leur choix d'une formation professionnelle. Il en résulterait un affaiblissement substantiel du composant professionnel dans le mélange actuel des compétences, ce qui pourrait avoir des effets graves sur la capacité d'innovation du système. Le statut social des différents diplômes de la formation professionnelle constitue donc un défi, notamment lorsqu'il ne reflète pas des facteurs durs liés au marché du travail pourtant attrayants et perçus comme tels. Le positionnement précis des branches et des associations, ainsi que des signaux clairs au niveau de la politique des entreprises en matière de personnel (rémunération et opportunités de carrière), sont susceptibles de jouer un rôle important dans ce domaine.

Ce sont là les défis auxquels le système suisse de formation professionnelle est confronté. La recherche sur la formation professionnelle doit poursuivre ses efforts dans les domaines où les corrélations ou les mécanismes d'action ne sont pas encore bien définis. La capacité d'innovation de la formation professionnelle, du système éducatif dans son ensemble et de l'économie suisse dépend essentiellement de la résolution des problèmes et des questions qui restent en suspens.





Le programme « Information scientifique: accès, traitement et sauvegarde » de la Conférence des recteurs des hautes écoles suisses (swissuniversities) regroupe les efforts des hautes écoles en la matière, encore dispersés aujourd'hui, et coordonne la mise à disposition et le traitement de l'information scientifique. Dans le cadre du programme soutenu par la Confédération, « e-codices – Bibliothèque virtuelle des manuscrits en Suisse » a également été soutenue. L'objectif du projet établi à l'Université de Fribourg est d'offrir par le biais d'une bibliothèque virtuelle un libre accès à tous les manuscrits médiévaux et à une sélection de revues modernes de Suisse. On trouve par exemple dans « e-codices » le plan du cloître carolingien de Saint-Gall. Il s'agit du dessin d'architecture le plus ancien de l'Occident et donc d'un monument de l'histoire de la culture européenne. Illustration: Saint-Gall, Bibliothèque de l'abbaye, Cod. Sang. 1092: plan du cloître de Saint-Gall

PARTIE C : ÉTUDE 2

**L'apport des sciences humaines
et sociales à l'innovation**

Synthèse

Représentant près des deux tiers de l'ensemble des personnes enregistrées dans les hautes écoles, les sciences humaines et sociales occupent une place importante dans le système suisse de formation, de recherche et d'innovation. Toutefois, leur contribution à l'innovation n'est souvent pas reconnue, ou pas correctement perçue. La présente étude a donc examiné la contribution que les sciences humaines et sociales apportent aussi bien aux innovations commerciales qu'aux innovations sociales. Les résultats de l'étude montrent que les innovations sont le résultat d'un apport interdisciplinaire. L'innovation n'est donc pas uniquement examinée sous l'angle des sciences dites exactes. Par leurs fonctions spécifiques – développer et organiser, donner du sens, fournir un cadre et introduire conjointement des innovations dans la société – les sciences humaines et sociales jouent donc un rôle clé dans le système suisse de l'innovation.

La contribution des sciences humaines et sociales (SHS) à l'innovation n'est pas nouvelle. Toutefois, elle est récemment renforcée par trois nouveaux phénomènes :

- Premièrement, la création de valeur économique nécessite toujours plus de compétences dans le domaine des SHS. La pression de la concurrence dans le commerce international incite les entreprises, pour conserver leur compétitivité, à investir non seulement dans la recherche et le développement, mais de plus en plus également dans la conception (design), la diffusion de la marque (branding) et le service à la clientèle. Ces activités se fondent largement sur les SHS. Par exemple, les produits et les prestations de services sont toujours plus souvent développés en collaboration avec les consommateurs. De même, l'économie prend toujours plus en compte les questions de durabilité et d'authenticité. Les procédures qui forcent les entreprises à se fonder sur les valeurs et les attentes des consommateurs requièrent avant tout des compétences dans le domaine des SHS.
- Deuxièmement, en raison de la diffusion accrue des technologies numériques, les SHS jouent un rôle toujours plus important lors de l'innovation : la mise en réseau et l'utilisation conjointe et facilitée des informations simplifient les processus organisationnels et accélèrent l'échange de savoir. Elles favorisent par exemple l'apparition de nouvelles formes de marketing et de modèles d'affaires.
- Troisièmement, les défis avec lesquels notre société est confrontée exigent des solutions qui vont au-delà de celles que le marché et le développement technologique peuvent traditionnellement offrir. Ainsi, par exemple, le tournant énergétique nécessitera le développement de technologies avec lesquelles suffisamment d'énergies renouvelables seront produites. En même temps, les habitudes liées à la consommation d'énergie doivent également évoluer. Cela suppose un changement de la pratique, voire des normes socio-culturelles.

La mondialisation au cours des années 1980 et 1990 était axée sur les produits. Le numérique a entraîné une mondialisation qui prend actuellement une toute autre forme : Internet et les médias peuvent créer des relations directes entre les personnes en fonction de leurs affinités et de leurs compétences. Le numérique permet d'accéder dans le monde entier à des informations sur n'importe quels thèmes ou lieux, ainsi que de procéder à des transactions à très grande distance.

Aujourd'hui, une multiplicité d'acteurs prend part à l'innovation : producteurs, consommateurs, fournisseurs de services, utilisateurs, experts, influenceurs, journalistes, connaisseurs, professionnels, amateurs et bien d'autres encore. Par ailleurs, l'innovation s'effectue également dans la société. Ce processus peut être garanti par l'économie de l'expérience, l'économie collaborative (« Sharing Economy ») et l'économie de plateforme. À cet égard, c'est l'image d'une scène numérique qui s'impose à la place des lieux traditionnels d'échange économique et de production.

Il va de soi que l'économie a besoin d'un renouvellement industriel et technologique constant pour rester compétitive. Toutefois, ces nouvelles technologies seront acceptées et pourront être mises en œuvre uniquement lorsqu'elles auront du sens. À cet égard, les sciences humaines et sociales y tiennent une place importante.

Par conséquent, elles jouent un rôle clé dans le système suisse de l'innovation. D'une part, elles contribuent à l'émergence d'innovations conçues pour répondre aux besoins des entreprises, des autorités et de la population. D'autre part, elles participent au développement et à la diffusion des innovations en favorisant les rencontres, les conditions-cadres et les manifestations à différents niveaux (local, national et international). Par ailleurs, il convient de noter que les créations d'entreprises ont également lieu dans le domaine des sciences humaines et sociales, et pas moins fréquemment que dans celui des sciences naturelles ou de l'ingénierie.

L'étude suggère que la contribution des sciences humaines et sociales à l'innovation devrait être mieux comprise et mieux intégrée dans la politique et dans les systèmes de l'innovation, afin d'accompagner le développement fulgurant de l'activité économique et des activités sociales. Par ailleurs, il faudrait se faire une idée plus précise de la manière dont la Suisse produit des innovations qui lui sont spécifiques et lui permettent de continuer à occuper sa place sur la scène internationale, tout en répondant aux grands défis sociétaux, tels que le changement climatique et la transformation numérique.

Le texte suivant est la version courte d'une étude réalisée par Gaël Brulé, Olivier Crevoisier, Hugues Jeannerat et Christian Suter (Université de Neuchâtel). Le chapitre 2.6 a été rédigé par Franz Barjak, Richard Blaese, Johan Lindeque, Elisabeth Maidl et Pietro Morandi (FHNW). La version complète de cette étude est publiée dans la collection du SEFRI (www.sbf.admin.ch).

Contenu étude 2

2.1	Introduction	175
2.2	Définitions	175
2.2.1	Sciences humaines et sociales	
2.2.2	Innovation en général, innovation commerciale et innovation sociale	
2.3	Les apports des sciences humaines et sociales à l'innovation commerciale	176
2.3.1	Accompagner une innovation commerciale	
2.3.2	Donner une valeur et un sens nouveaux à une innovation commerciale	
2.4	Les apports des sciences humaines et sociales à l'innovation sociale	178
2.4.1	Typologie et exemples d'innovation sociale	
2.4.2	Innovations sociales et SHS	
2.5	Entre innovation commerciale et sociale : activités créatives culturelles	180
2.6	Illustration de l'apport des SHS à l'innovation	181
2.6.1	Financement de la recherche et du développement et utilisation des résultats	
2.6.2	Créations d'entreprise par des collaborateurs HES	
2.6.3	Exemples présentant des projets d'innovation réussis et impliquant des chercheurs en sciences humaines et sociales	
2.6.4	Conclusions	
2.7	Les grands défis et l'innovation suisse	190
2.7.1	Les SHS et les grands défis de société	
2.7.2	Les grands défis et les SHS : l'exemple de la transition énergétique en Suisse et sur la scène internationale	
2.7.3	Les SHS et « l'innovation suisse »	
2.8	Synthèse : les fonctions des SHS dans l'innovation	193
2.8.1	Entreprendre et organiser	
2.8.2	Encadrer l'innovation et donner des impulsions	
2.8.3	Donner du sens	
2.8.4	Communiquer et débattre pour co-innover en société	
2.9	Conclusions	195

2 L'apport des sciences humaines et sociales à l'innovation

2.1 Introduction

Avec près de deux tiers des effectifs recensés dans les hautes écoles (OFS, 2016), les sciences humaines et sociales (SHS) occupent une place importante dans le système suisse de formation, de recherche et d'innovation. Leur contribution à l'innovation est pourtant méconnue et mal identifiée. La présente étude vise donc à mettre en lumière leur apport aux innovations commerciales, mais aussi aux innovations dites sociales. Cette question n'a pas encore été étudiée en profondeur, raison pour laquelle la présente étude se borne à donner une idée générale de cette contribution et à indiquer des pistes pour des études plus poussées.

Cette étude présente l'apport des SHS à l'innovation, en soulignant notamment leur rôle dans ce processus. Ce rôle n'est pas nouveau mais il est renforcé par trois nouveaux phénomènes :

- Premièrement, la création de valeur économique nécessite de plus en plus de compétences en SHS. On remarque en effet que la pression concurrentielle du commerce international pousse les entreprises à investir certes dans la recherche et le développement (R-D), mais aussi, et de plus en plus, dans le design, le branding et les services après-vente afin de rester compétitives. La création de valeur se déplace donc de la fabrication, vers la manière dont les produits sont imaginés, conçus, commercialisés, distribués et consommés (OMPI, 2017), autrement dit vers des activités fortement basées sur les SHS. À titre d'exemple, on notera que les produits et services sont toujours plus souvent créés avec les consommateurs et que l'économie inclut toujours plus les questions de développement durable et d'authenticité. Ces pratiques, qui obligent les entreprises à travailler à partir de ces valeurs et des représentations des consommateurs, nécessitent avant tout les compétences des SHS.
- Deuxièmement, la propagation croissante des technologies numériques renforce le rôle des SHS dans l'innovation. Le réseautage et l'accès facile aux informations simplifient les processus organisationnels et accélèrent l'échange des connaissances. Cela encourage par exemple de nouvelles formes de marketing ou de modèles d'affaires.
- Troisièmement, les « grands défis » auxquels est confrontée notre société moderne nécessitent des réponses qui dépassent celles fournies traditionnellement par le marché et l'évolution des technologies. Le tournant énergétique, par exemple, nécessitera certes le développement de technologies produisant suffisamment d'énergies renouvelables, mais aussi des modifications dans les habitudes de consommation énergétique, ce qui présuppose des changements de pratiques, voire de normes socioculturelles.

En résumé, aujourd'hui, même les innovations « purement » technologiques doivent beaucoup aux SHS et sont le fruit d'un apport véritablement pluridisciplinaire. On ne peut donc plus considérer l'innovation sous l'angle uniquement des sciences dites dures.

La présente étude est construite comme suit. Le chapitre 2.2 définit les SHS et les innovations commerciale et sociale. Les chapitres 2.3 et 2.4 expliquent comment les SHS contribuent aux deux types d'innovation (commerciale et sociale). Le chapitre 2.5 expose l'importance des activités culturelles et créatives. Le chapitre 2.6 illustre l'apport des SHS à l'innovation sur la base des résultats d'une enquête auprès des hautes écoles spécialisées. Le chapitre 2.7 démontre l'importance des SHS dans la résolution des grands défis de notre société moderne. Il met aussi en lumière le rôle significatif des SHS par rapport à certains traits particuliers du système d'innovation suisse. Le chapitre 2.8 synthétise les différents apports des SHS sous forme de fonctions dans le processus d'innovation. Enfin, le chapitre 2.9 présente les conclusions principales de cette analyse.

2.2 Définitions

2.2.1 Sciences humaines et sociales

Selon l'Office fédéral de la statistique (OFS), les sciences humaines et sociales regroupent la théologie, les langues et littératures, les sciences historiques et culturelles, les sciences sociales (sociologie, psychologie, économie, science politique, droit, etc.), ainsi que les sciences humaines et sociales pluridisciplinaires. Dans le présent texte, l'expression « sciences humaines et sociales (SHS) » est utilisée dans un plus sens large, incluant les différents domaines d'étude des arts.

Les SHS identifient et analysent les problèmes sociaux et proposent des solutions. Les SHS permettent de nourrir le changement dans la société, notamment en produisant des connaissances artistiques, philosophiques, culturelles, sociales, etc., mais aussi de comprendre comment organiser et accompagner ces changements (grâce aux méthodes des sciences humaines, sociales et de gestion), d'en débattre (avec l'aide des sciences de la communication) mais aussi de les réguler et de les institutionnaliser (grâce au droit, aux sciences politiques, à l'économie politique, etc.).

Les diplômés SHS représentent près de deux tiers des effectifs des hautes écoles et occupent des postes dans tous les domaines d'activité. Ils jouent en outre un rôle prépondérant dans les différents secteurs de l'administration publique, de l'enseignement et des services intensifs en connaissance (graphique C 2.1). Ces derniers couvrent les services d'information et de communication, les services financiers, les services scientifiques et techniques ainsi que les services destinés aux indépendants.

Graphique C 2.1 : Les diplômés SHS et MINT sur le marché du travail



Source : enquête auprès des diplômés des hautes écoles 2016, position occupée un an après l'obtention du diplôme (OFS, 2016).

SHS : sciences humaines et sociales

MINT : mathématiques, informatique, sciences naturelles, technique

2.2.2 Innovation en général, innovation commerciale et innovation sociale

Innovation en général

Selon le Manuel d'Oslo (OCDE & Eurostat, 2018), « Une innovation est un produit ou processus (ou une combinaison des deux) nouveau ou amélioré qui diffère significativement du produit ou du processus de la même unité et qui a été mis à disposition des usagers potentiels (produit) ou a été utilisé (processus) par l'unité en question. »¹

Innovation commerciale

L'innovation commerciale – définie au sens large – voit le jour lorsqu'une entreprise transforme des inputs (travail, connaissances, énergie, etc.) en des produits et des services nouveaux. Contrairement à la notion générale d'innovation, celle d'innovation commerciale se rapporte uniquement aux activités des entreprises.

Innovation sociale

Le Manuel d'Oslo rappelle qu'une innovation est « plus qu'une nouvelle idée ou une invention », elle doit être « implantée » dans la société. Ce changement n'est pas seulement le fruit de l'activité d'entreprises commerciales, mais relève de l'ensemble de la société (OCDE & Eurostat, 2018). Ainsi, le manuel entérine un élargissement du concept d'innovation vers l'idée d'un changement social, mais sans intégrer encore une vraie notion d'innovation sociale.²

Il existe pourtant plusieurs définitions de l'innovation sociale, dont la plus courante est celle de Murray et al. (2010) adoptée par l'Union européenne : « Les innovations sociales sont des nouvelles solutions (produits, services, modèles, marchés, processus, etc.) qui satisfont un besoin social (plus efficacement que les solutions existantes) et qui, en même temps, conduisent à des capacités et des relations et meilleures utilisations des actifs et des ressources. (The Young Foundation, 2012).³

Ainsi, le terme d'innovation sociale permet de décrire les activités innovantes qui sont réalisées en dehors des entreprises ou des laboratoires de recherche et qui ont des effets importants sur le développement aussi bien de l'économie que de la société. L'innovation sociale doit être appréhendée par d'autres critères que ceux normalement utilisés pour l'innovation commerciale, bien que les outils traditionnels de mesure (tels que part de marché ou bénéfice) puissent aussi être utilisés dans certains cas.

2.3 Les apports des sciences humaines et sociales à l'innovation commerciale

Les inventions sont le plus souvent issues des sciences de la nature et de l'ingénieur. Mais tant qu'elles ne sont pas mises sur le marché ou intégrées dans la société, elles ne constituent pas encore des innovations. Or ce sont ensuite le plus fréquemment les sciences humaines et sociales qui permettent de transformer ces inventions en innovations, et ce même dans les industries traditionnelles. Ainsi, les SHS jouent un double rôle dans les innovations commerciales :

- Elles organisent les processus d'innovation dans toute entreprise, gèrent les droits de propriété intellectuelle, permettent de faire connaître les innovations, commercialisent les nouveaux produits, etc. En amont, elles captent les signaux perceptibles dans la société pour aiguiller la R-D dans sa recherche d'innovation. Ces diverses activités accompagnant une innovation commerciale trouvent directement ou indirectement leurs sources au sein des SHS.
- Elles sont capables de donner un nouveau sens et une nouvelle valeur à des produits anciens ou à une innovation commerciale. Prenons l'exemple des montres mécaniques : elles ont regagné un succès commercial ces dernières décennies surtout grâce à la valeur culturelle qu'on leur accorde. Plus que de simples objets donnant l'heure, elles sont assorties d'un univers symbolique fort en termes d'art et de design suisses. Cette valeur culturelle dépasse largement la valeur intrinsèque du produit.

¹ Texte original : « An innovation is a new or improved product or process (or combination thereof) that differs significantly from the unit's previous products or processes and that has been made available to potential users (product) or brought into use by the unit (process). » (OCDE & Eurostat, 2018)

² Voir également l'introduction du présent rapport.

³ Texte original : « Social innovations are new solutions (products, services, models, markets, processes etc.) that simultaneously meet a social need (more effectively than existing solutions) and lead to new or improved capabilities and relationships and better use of assets and resources. » (The Young Foundation, 2012)

2.3.1 Accompagner une innovation commerciale

Le Manuel d'Oslo 2018 (OCDE & Eurostat, 2018) définit huit types d'activités propres au développement d'une innovation commerciale :

- 1) activités de R-D ;
- 2) ingénierie, design et autres activités créatives : sont incluses ici une série d'activités permettant de modifier la forme ou l'apparence d'un bien, service ou processus. Ces activités typiques des SHS sont par exemple les sondages de clients potentiels, la recherche ethnographique ou encore la co-création ;
- 3) marketing et branding incluant la recherche, les tests de marché, la détermination des prix, la promotion des produits ainsi que la publicité liée au nom d'une entreprise. Ces activités incluent aussi les relations publiques et la protection de la réputation de cette dernière ;
- 4) activités de protection intellectuelle ;
- 5) formation des employés ;
- 6) développement de logiciels et activités liées aux bases de données ;
- 7) acquisitions ou leasing d'actifs tangibles ;
- 8) activités de management de l'innovation : la planification, la gouvernance et le contrôle des ressources internes et externes à l'entreprise. Elles nécessitent des capacités d'anticipation, d'organisation, de prise de décision et de monitoring du processus d'innovation. Les capacités cognitives et l'utilisation du capital social et humain dans une firme et autour de celle-ci sont indispensables pour la réussite du management.

Cette liste montre clairement que la plupart de ces activités nécessaires à la création de produits et de services innovants sont liées à des principes et méthodes scientifiques propres aux SHS. Les contributions directes des SHS à l'innovation commerciale facilitent l'innovation (p. ex. par le management) mais jouent également un rôle majeur dans sa mise en valeur sur le marché.

2.3.2 Donner une valeur et un sens nouveaux à une innovation commerciale

Beaucoup d'industries traditionnelles fondent certes une partie de leur valeur ajoutée sur la fonctionnalité intrinsèque de leurs produits et services, mais aussi sur le sens et l'expérience que ces derniers procurent aux consommateurs. Grâce à cette dimension supplémentaire, les consommateurs attribuent une valeur sociale et culturelle au produit et s'en souviennent donc mieux. Les activités médiatiques et de communication jouent ici un rôle majeur.

L'importance de ces activités dans la promotion et la vente de biens et services innovants est encore renforcée par le fait que la numérisation multiplie les canaux de communication permettant un contact direct avec les clients potentiels.

L'industrie horlogère « Swiss Made » est particulièrement emblématique de cette création de valeur culturelle autour d'un produit traditionnel (voir ci-dessous). Bien que la qualité et les inno-

vations technologiques constituent des arguments importants, les messages d'authenticité – à côté du design et de la communication – ont fortement contribué au succès qui est actuellement le sien. C'est également le cas de nombreux produits agro-alimentaires labélisés (voir ci-dessous). Nespresso constitue un autre exemple éloquent : il s'agit d'un produit basé sur une technologie relativement ancienne, qui a mis du temps avant de trouver son positionnement culturel et son business model. Les sacs Freitag fondent leur valeur sur le design et la mode urbaine tout en valorisant un sens partagé du développement durable.

L'industrie horlogère entre innovations technologiques et construction de valeurs

Bien que la Suisse exporte un nombre relativement limité de montres en comparaison de pays comme la Chine ou Hong Kong, le revenu des exportations horlogères suisses est de loin le plus élevé au monde (graphique C 2.2). Cette valeur, qui a beaucoup progressé au cours des 15 dernières années, repose en grande partie sur la production de montres mécaniques dont les ventes représentent aujourd'hui près de 80 % des exportations (graphique C 2.3).

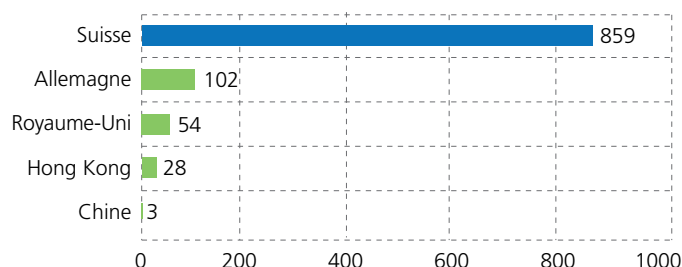
Le fait que cette technologie ancienne affiche une nouvelle compétitivité témoigne du fait que les innovations créant de la valeur économique reposent en grande partie sur des valeurs sociales et culturelles : en donnant du sens à un produit, à une technique de fabrication et à un savoir-faire, ces dernières leur confèrent une aura bien supérieure qui se traduit en termes financiers.

Dans l'industrie horlogère, les innovations reposent en grande partie sur des activités non technologiques telles que le design, la muséologie (chaque entreprise a son exposition), le storytelling (les entreprises et les produits sont devenus des marques qui se racontent), l'histoire (des historiens font désormais partie des départements marketing des grandes entreprises), la distribution (magasin de marques de plus en plus sophistiqués), l'architecture et surtout la communication (il existe des dizaines de magazines horlogers à travers le monde). L'innovation technologique reste importante, mais elle est aussi là pour servir les valeurs culturelles du produit. En effet, les prouesses mécaniques renforcent la valeur d'authenticité des marques.

La construction de la valeur des montres suisses dépasse le cadre des entreprises productrices de montres et de composants horlogers. C'est un ensemble d'éléments culturels qui permet de co-créer, de diffuser et de légitimer le sens à donner aux valeurs de la « véritable » horlogerie par la mise en scène d'expériences. C'est la vocation, par exemple, du Salon de la Haute Horlogerie de Genève organisé par la Fondation de la Haute Horlogerie qui produit également de nombreux contenus historiques et médiatiques, et du Grand Prix d'Horlogerie de Genève organisé par le Canton de Genève, le Musée international de l'Horlogerie de La Chaux-de-Fonds et le Groupe Edipresse.

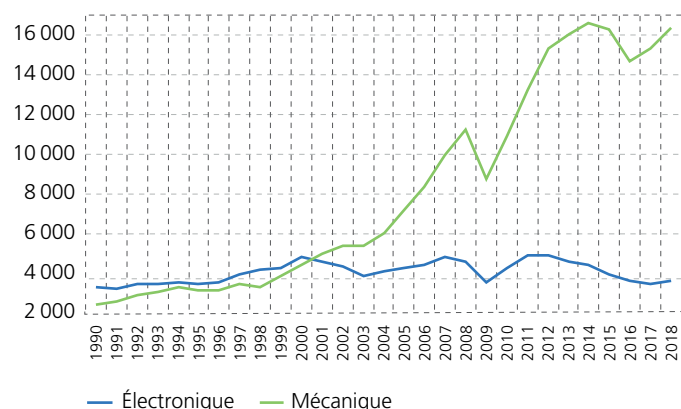
Également liée au tourisme, l'horlogerie réalise toujours plus de ventes dans les principaux sites touristiques et les manufactures

Graphique C 2.2 : Prix moyen des montres exportées, en US dollars, 2018



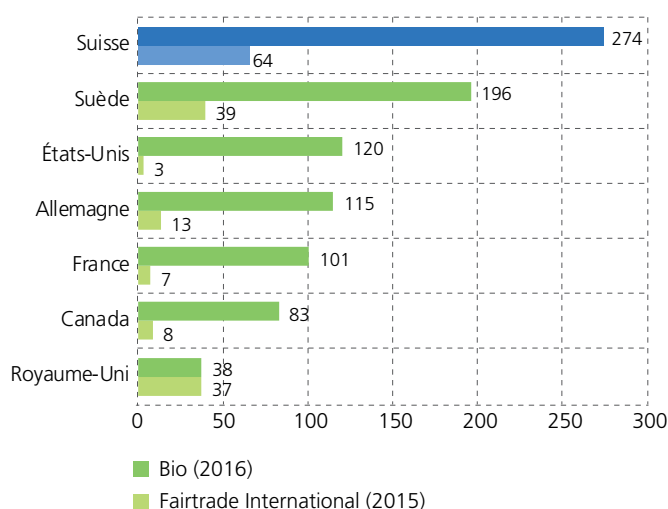
Source : Fédération de l'industrie horlogère suisse FH

Graphique C 2.3 : Valeur des exportations de montres, en francs suisses, 2018



Source : Fédération de l'industrie horlogère suisse FH

Graphique C 2.4 : Comparaison internationale des dépenses par habitant pour des produits bio ou fairtrade, en dollars



Source : calculs Jeannerat, Crevoisier, Brulé & Suter fondés sur les données de l'International Trade Center (ITC), de l'International Institute for Sustainable Development (IISD) et du Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)

accueillent journalistes, détaillants et clients dans leurs musées. Une ville comme Hong Kong héberge chaque année des millions d'acheteurs potentiels de montres suisses.

Les SHS jouent un rôle central dans toutes ces activités puisqu'elles développent des compétences sociologiques, historiques, managériales et créatives nécessaires à la mise en scène médiatique, événementielle et expérientielle du Swiss Made.

La Suisse championne de la consommation à label responsable

La Suisse est le pays où les dépenses par habitant pour des produits labélisés bio et Fairtrade sont les plus élevées au monde (graphique C 2.4). Ces labels représentent en Suisse un commerce en plein essor, qui a augmenté en 2017 de 11 % pour les produits Fairtrade (www.swissfairtrade.ch) et de 8 % pour les produits bio (www.bio-suisse.ch). Ces derniers représentaient 9 % des parts de marché pour environ 2707 milliards de francs de chiffre d'affaires.

Au-delà du côté scientifique de ces labels, ces derniers reposent largement sur la création, la diffusion et la reconnaissance d'un sens partagé valorisant des modes de production, de distribution et de consommation responsable envers le futur de la planète. La valeur « responsable » de ces labels se manifeste par l'adhésion de consommateurs, en principe conjointement avec les producteurs, en faveur d'activités moins dommageables pour l'environnement et socialement plus équitables que les activités marchandes standard.

Cette valeur est largement débattue dans les médias, mais aussi dans le cadre familial ou entre amis. Elle se construit en société par la mise en scène et en récit des défis du développement durable, par la visite de producteurs, par des circuits touristiques, par des expériences de consommation (p. ex. marchés bio) et des initiatives visant à sensibiliser et promouvoir les valeurs du commerce équitable et responsable (p. ex. Fair Trade Town). Or, la construction de cette valeur doit beaucoup aux SHS qui organisent, encadrent et mettent en œuvre ce processus.

2.4 Les apports des sciences humaines et sociales à l'innovation sociale

2.4.1 Typologie et exemples d'innovation sociale

Il y a innovation sociale lorsqu'une nouvelle solution couvre des besoins sociaux en résolvant un problème social et qu'elle conduit à une meilleure utilisation des ressources. Les innovations sociales engagent aussi bien les autorités publiques et les entreprises que la société civile (voir aussi chapitre 2.2.2).

Une typologie proposée par le projet TEPsIE (mené dans le cadre du 7^e programme-cadre européen de recherche) divise les innovations sociales en sept catégories (voir aussi Bonnard et Forster, 2017).

Tableau C 2.1 : Typologie des innovations sociales

Types d'innovations sociales	Exemples
i) Nouveaux produits	Technologies d'assistance développées pour des personnes handicapées (voice synthesizers)
ii) Nouveaux services	Mobile banking (MPesa au Kenya)
iii) Nouveaux processus	Collaboration peer-to-peer et crowdsourcing
iv) Nouveaux marchés	Commerce équitable ou timebanking
v) Nouvelles plateformes	Nouveau cadre légal ou réglementaire ou plateformes pour les soins
vi) Nouvelles formes organisationnelles	Sociétés d'intérêt communautaire
vii) Nouveaux modèles d'affaires	Franchise sociale ou modèles just in time appliqués aux défis sociaux

Source : The Young Foundation (2012)

La dimension a priori non marchande ainsi que la finalité publique ou collective des innovations sociales impliquent des mécanismes de rémunération alternatifs à ceux du commerce traditionnel. Les pouvoirs publics et les organisations philanthropiques jouent alors un rôle essentiel qui peut lui-même faire l'objet d'innovation. Par exemple, le développement d'activités de « venture philanthropie » dans le domaine des fondations ou d'une « obligation à impact social » dans le domaine de l'action publique illustre des mécanismes de financement originaux stimulant l'innovation sociale (chapitre 2.4.2).

2.4.2 Innovations sociales et SHS

L'innovation sociale est une réponse à un problème social, défini souvent collectivement. Elle est aussi souvent développée et mise en œuvre collectivement.

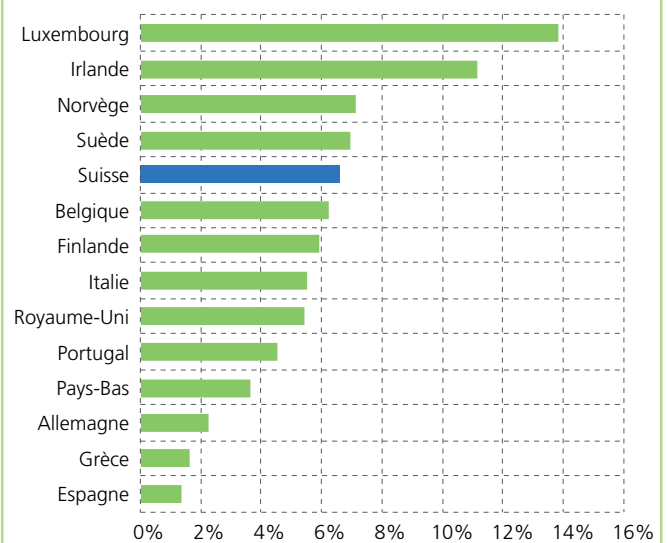
C'est pourquoi une participation de la communauté élargie (entreprises, citoyens, autorités publiques, organisations non gouvernementales, etc.) est essentielle. C'est là que les SHS entrent en jeu en participant à l'explicitation, au développement coordonné et à la diffusion de ces solutions aux échelles locale, nationale et internationale, par exemple dans le cadre de projets expérimentaux, pilotes ou de démonstration.

L'innovation sociale n'implique pas seulement les SHS. Elle représente toutefois un champ d'action où les SHS peuvent jouer un rôle décisif pour différentes raisons. Premièrement, les diplômés

Activités d'entrepreneuriat social

La Suisse est bien placée dans ce genre d'activités puisque le Global Entrepreneurship Monitor la positionne au cinquième rang de l'entrepreneuriat social au sein de la population adulte sur un total de 14 pays d'Europe de l'Ouest.

Graphique C 2.5 : Pourcentage de la population adulte (18–64 ans) impliquée dans une activité d'entrepreneuriat social, 2015



Source : Global Entrepreneurship Monitor (2015)

en SHS occupent de nombreux postes au sein d'activités et d'organisations impliquées de manière centrale dans l'innovation sociale, notamment dans les services, la culture, la formation, l'action sociale, l'humanitaire et les institutions publiques. Deuxièmement, les problèmes sociétaux auxquels l'innovation sociale est censée apporter des réponses sont des domaines d'expertise avérés des SHS, par exemple en matière de gouvernance publique, d'inclusion sociale, de migration, de développement durable ou de développement humain. Troisièmement, l'innovation sociale est le fruit de processus créatifs et collectifs que les SHS peuvent susciter, faciliter et renforcer par leurs méthodes et leurs recherches en interaction directe avec la société.

Enfin, certaines innovations sociales peuvent par la suite devenir des succès marchands en se combinant avec diverses technologies. L'évolution de certaines entreprises coopératives comme Mobility CarSharing ou le Social Impact Bond en sont des exemples éloquentes (voir ci-dessous).

Mobility: coopérative d'innovation sociale et technologique

Issu de la fusion en 1997 de deux coopératives régionales de d'autopartage, Mobility est à l'origine une innovation sociale. Le partage de véhicule était une réponse à la fois aux préoccupations écologiques et aux besoins de mobilité des conducteurs. Autofinancé dès le départ, ce modèle de fonctionnement est ensuite devenu un nouveau modèle d'affaires permettant de réduire le coût d'utilisation des véhicules. Cette innovation dans le modèle d'affaires, précurseur de l'économie collaborative actuelle, est également une innovation valorisant la culture du partage plutôt que de la possession exclusive.

Des innovations technologiques ont ensuite favorisé son développement. Des ordinateurs de bord et des applications mobiles remplacent aujourd'hui les réservations par téléphone et la transmission de clés au moyen de boîtes à proximité des véhicules. Ces technologies numériques développées par Mobility lui ont permis d'élargir son réseau d'utilisateurs, de développer de nouveaux services et de diffuser son système d'exploitation (MobiSys) dans d'autres régions du monde (Espagne et Autriche). Au-delà de son aspect novateur, cet exemple est également intéressant par le fait que l'innovation a d'abord été sociale avant que la technologie lui vienne en appui, et non l'inverse.

Innovation dans le financement de projets sociaux: Social Impact Bond

En 2015, le Canton de Berne, à l'initiative d'entrepreneurs de Fokus Bern et de Caritas Bern, a lancé un projet d'insertion professionnelle pour des réfugiés et des personnes admises à titre provisoire à travers une forme de financement inédite en Suisse: l'obligation à impact social (Social Impact Bond).

Déjà expérimentée dans différents pays européens, l'obligation à impact social vise à favoriser l'investissement privé dans des projets d'innovation sociale. Ce mode de financement prévoit que des investisseurs privés préfinancent le projet innovant d'une entreprise ou d'un autre organisme afin de répondre à des problèmes de société prédéfinis par les pouvoirs publics. Si Caritas atteint 95 % à 105 % des objectifs fixés par le canton, celui-ci s'engage à payer les prestations fournies. Un bonus est versé en cas de dépassement des objectifs et un malus peut être retenu si les objectifs ne sont que partiellement atteints.

Le but de ce système est qu'en cas de succès, tous les partenaires soient gagnants. Pour le canton de Berne, la participation de Fokus Bern au financement du projet réalisé par Caritas n'est pas seulement un moyen de reporter le risque du projet sur des investisseurs privés, mais également

de favoriser sa réussite en y associant plus étroitement les milieux économiques directement concernés par l'insertion professionnelle. Pour Caritas cette modalité de financement permet d'élargir le champ des financeurs et partenaires de ses projets caritatifs et de montrer sa capacité à répondre à des objectifs publics clairement définis. Pour le groupe d'entrepreneurs réunis dans l'initiative Fokus Bern, la motivation à financer ce projet est de soutenir une démarche innovante de financement permettant à un investisseur privé de s'engager pour l'avenir du canton tout en permettant d'envisager un petit profit en cas de succès (au maximum 1 % d'intérêt par an) (canton de Berne, 2015).

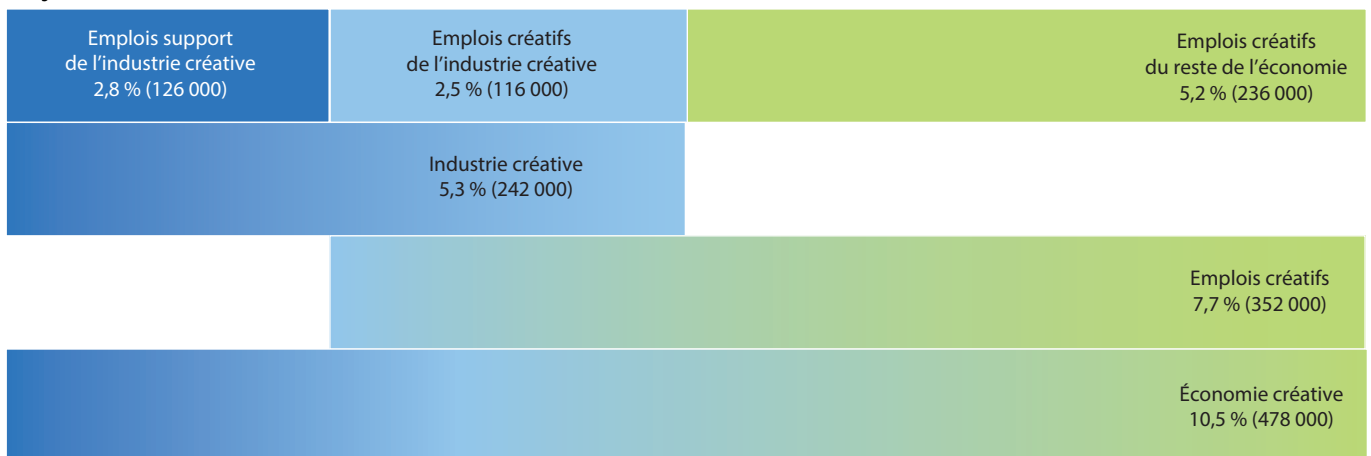
2.5 Entre innovation commerciale et sociale: activités créatives culturelles

Relevant à la fois de l'innovation commerciale et sociale, les activités culturelles ne sont pas seulement intéressantes pour elles-mêmes. Elles jouent un rôle indispensable pour le renouvellement de biens et de services traditionnels. Les festivals sont par exemple devenus un moyen de financer la production musicale dans une économie numérique de la musique de plus en plus en libre accès.

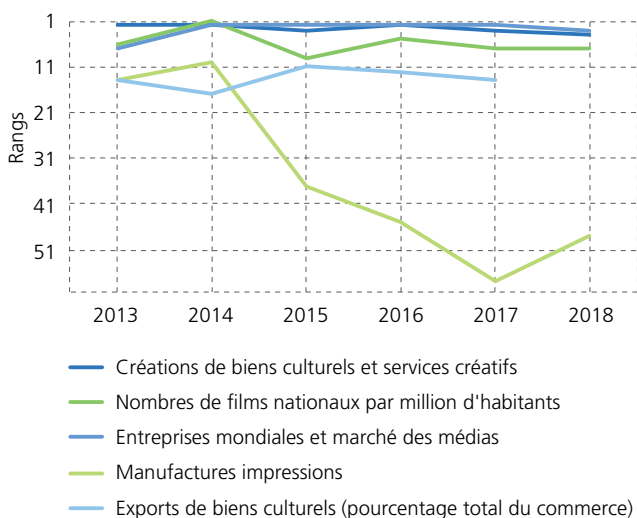
Une très grande partie des activités culturelles sont basées sur la communication, qui demande des compétences tant en termes de contenus que de capacité à faire passer des messages, à animer des débats, à jouer sur les valeurs, à entretenir l'intérêt, à capter l'attention ou encore à proposer des expériences. Dans toutes ces activités culturelles innovantes, le rôle des SHS est donc crucial d'autant que ces dernières traitent également d'autres sujets importants comme les questions légales.

Il n'est pas facile d'estimer l'importance économique des activités créatives culturelles en Suisse car elles sont dispersées dans l'ensemble de l'économie et de la société. Weckerle et al. (2018) estiment, outre les 242 000 emplois (5 %) dans les industries créatives, qu'on retrouve également près de 236 000 emplois créatifs dans d'autres branches, soit 5 % supplémentaires dans l'emploi en Suisse. Au total, l'économie créative représente plus de 10 % des emplois, dont 7,7 % d'emplois créatifs concernant particulièrement les SHS (graphique C 2.6). Un exemple de l'apport des hautes écoles suisses à l'économie culturelle est illustré dans l'exemple 3 « struckd » (chapitre 2.6.3).

Au niveau international, le Global Innovation Index (127 pays) place régulièrement la Suisse en tête des classements en matière d'innovation dans le domaine culturel. Les manufactures d'impression mises à part, le pays pointe au deuxième (2013, 2014, 2016) ou au troisième (2015, 2017) rang dans la catégorie « création de biens et services créatifs » (graphique C 2.7).

Graphique C 2.6 : Nombre et pourcentage d'emplois de l'industrie et de l'économie créative dans l'économie suisse, moyenne 2014–2016

Source : Weckerle et al. (2018)

Graphique C 2.7 : Classement de la Suisse dans les industries culturelles

Source : Cornell University, INSEAD and WIPO (2018)

2.6 Illustration de l'apport des SHS à l'innovation

Comme illustré plus haut, l'insuffisance des données disponibles rend difficile l'analyse de l'apport des sciences humaines et sociales à l'innovation en Suisse. Ce chapitre présente l'évaluation d'une enquête relative aux projets de création d'entreprises par des collaborateurs des hautes écoles spécialisées⁴ (chapitres 2.6.1 et 2.6.2) ainsi que des exemples (chapitre 2.6.3),⁵ et permet ainsi de fournir des données complémentaires.

2.6.1 Financement de la recherche et du développement et utilisation des résultats

Le financement de la recherche et du développement

Le financement de la recherche par le biais de contrats privés joue un rôle majeur, notamment en sciences naturelles et en sciences de l'ingénieur (graphique C 2.8). Concernant les sciences humaines et sociales, la recherche sous contrat privé est citée comme source de financement par un cinquième à un quart des économistes, des architectes et autres chercheurs du domaine. En revanche, dans la musique, l'art et le design, les entreprises privées n'interviennent presque jamais en tant que bailleurs de fonds pour la R-D. Cela ne signifie pas pour autant que les collaborateurs HES dans ces domaines ne travaillent pas avec les entreprises et ne contribuent pas à l'innovation. L'exemple 1, intitulé « Développement d'un appareil de mesure pour l'analyse non-destructive de biens artistiques et

⁴ La catégorie « collaborateur HES » comprend principalement des personnes travaillant dans le domaine scientifique (plus de 85 %) ainsi que du personnel administratif et technique.

⁵ Même si ce sont principalement les universités cantonales qui forment les diplômés en SHS, les hautes écoles spécialisées jouent également un rôle important dans leur formation.

Enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées »

Des données issues du projet financé par le FNS « Wissenschaftsbasierte Gründungen an Fachhochschulen – eine Genderperspektive » (Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées – une perspective du genre), actuellement mené par la Haute école de psychologie appliquée de la FHNW, ont été utilisées pour décrire certains apports des sciences humaines, des sciences sociales et de l'art à l'innovation en Suisse. Dans le cadre de ce projet, des collaborateurs HES et du domaine des EPF ont été interrogés début 2019 sur leurs projets de création d'entreprise et sur l'environnement de leur haute école dans le cadre d'une enquête en ligne. L'analyse ci-dessous porte sur 3253 réponses fournies par des collaborateurs HES.

Les réponses ont été affectées aux disciplines et domaines des différents départements et hautes écoles auxquels sont rattachées les personnes interrogées. Le jeu de données comprend un nombre de cas suffisant pour six domaines des sciences humaines, des sciences sociales et de l'art (tableau 2.2).

Tableau C 2.2: Réponses à l'enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées », classées par discipline, 2019

Domaine concerné	Échantillon brut	Réponses	Taux de réponse
Sciences naturelles	505	113	22 %
Sciences de l'ingénieur et technologie	2368	1065	45 %
Sciences de la santé et de l'agriculture	512	437	85 %
Sciences humaines et sociales	5520	1638	30 %
dont économie générale et gestion d'entreprise	1188	423	36 %
dont travail social	583	278	48 %
dont art et design	1547	390	25 %
dont architecture	1068	233	22 %
dont musique	245	108	44 %
dont autres sciences humaines et sociales (psychologie et sciences cognitives, sciences de l'éducation, droit, science des médias et de la communication, langues et littérature)	889	206	23 %
Total	8905	3253	37 %

Pour connaître la répartition des hautes écoles par domaine, se reporter à la version intégrale de l'étude.

Source : Enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées », 2019 (Blaese, Morandi & Liebig).

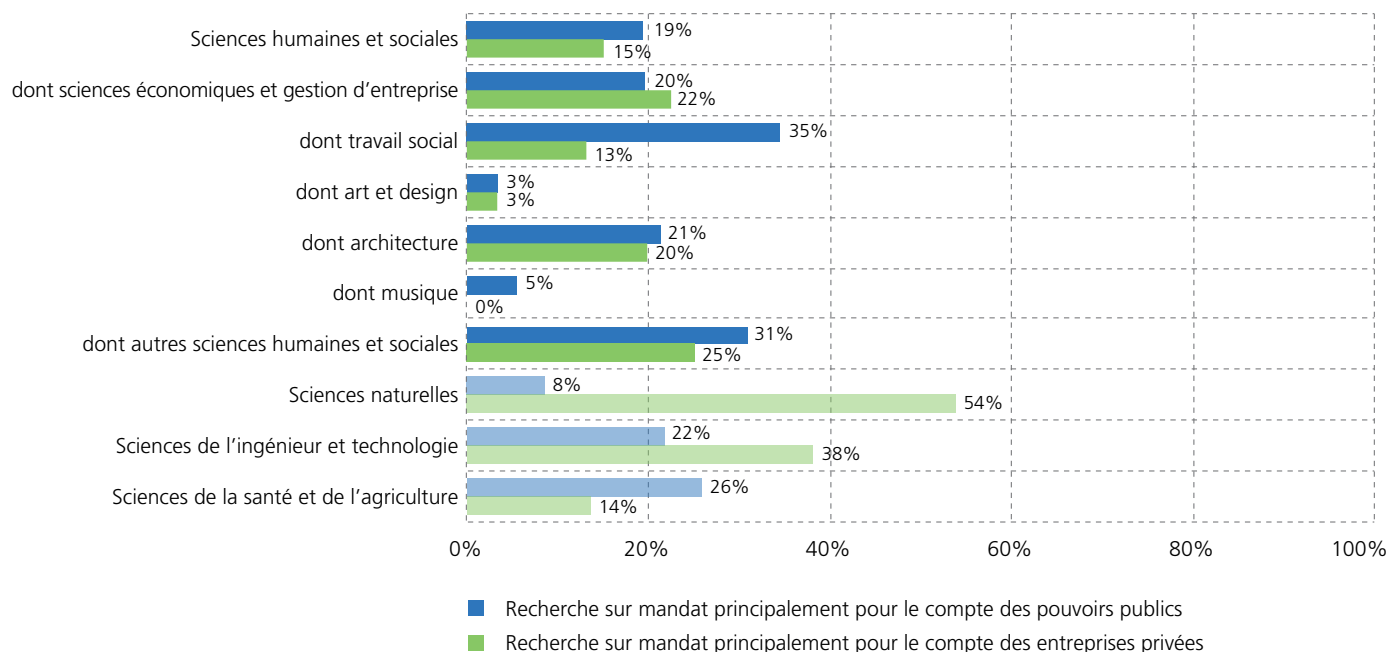
culturels par thermographie active», présente ainsi un projet de développement d'un nouvel appareil de mesure dédié à l'analyse des dommages cachés aux œuvres d'art et aux biens culturels par des experts en restauration et en conservation, mené en collaboration avec une entreprise suisse.

À l'inverse, les contrats publics constituent une source de financement majeure de la R-D dans le travail social, mais aussi dans d'autres domaines des sciences humaines et sociales ainsi que dans les sciences de la santé et de l'agriculture. Ce mode de financement de la recherche ne joue en revanche qu'un rôle marginal dans le design, les arts plastiques et les arts du spectacle, y compris dans la musique et les sciences naturelles. À l'exception de ces dernières, il s'agit de domaines et de disciplines qui possèdent une tradition de recherche encore très récente dans les hautes écoles spécialisées.

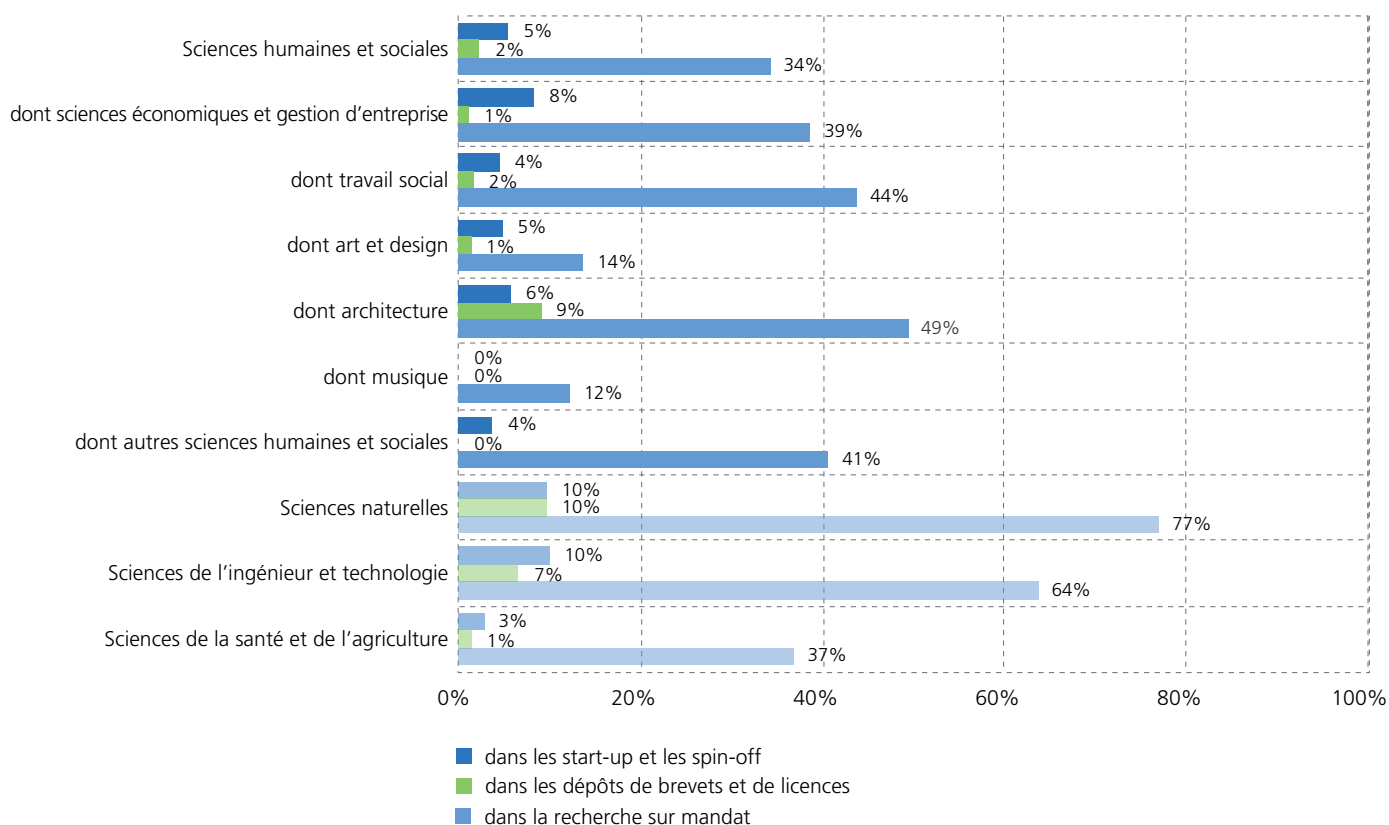
Utilisation des résultats de la R-D

Quels que soient les domaines et les disciplines, les résultats de recherche sont souvent utilisés pour les projets mandatés par des donneurs de mandats externes (graphique C 2.9). Il s'agit le plus souvent d'entreprises privées, mais cela peut aussi concerner des institutions publiques. L'exemple 2, intitulée « Groupe de travail Distributed Ledgers : processus d'apprentissage dirigés sur les nouvelles technologies et sur les conséquences pour les modèles d'affaires actuels », présente un cas issu des sciences économiques. La mise en place de forums de discussion et de plateformes par les organisations scientifiques peut stimuler la découverte de nouvelles thématiques au sein des entreprises et autres organisations, et ainsi participer à l'innovation.

Dans une moindre mesure, les résultats de recherche sont également utilisés dans le cadre des dépôts de brevets qui peuvent ensuite être transmis ou dont la licence peut être donnée à des

Graphique C 2.8 : Financement de la recherche et du développement par les pouvoirs publics et les entreprises privées en 2018

Source : enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées » (Blaese, Morandi & Liebig, 2019)

Graphique C 2.9 : Résultats de recherche et développement repris dans les activités des start-up et des spin-off, dans les brevets, les licences ou dans la recherche sur mandat, 2018

Part des réponses 5 à 8 sur une échelle de 1 « très rare » à 8 « très fréquent »

Source : enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées » (Blaese, Morandi & Liebig, 2019)

tiers, ou encore pour des projets de start-up et de spin-off propres. Toutefois, ces deux manières d'utiliser les connaissances acquises jouent un rôle uniquement dans les sciences naturelles et les sciences de l'ingénieur. Ainsi, seul un économiste sur douze est d'avis que les résultats de la R-D sont utilisés pour les start-up/spin-off. Et comme on pouvait s'y attendre, l'établissement de droits de propriété industrielle est bien plus courant dans les sciences naturelles et de l'ingénieur qu'en sciences humaines et sociales ou encore dans les domaines artistiques.

2.6.2 Créations d'entreprises par des collaborateurs HES

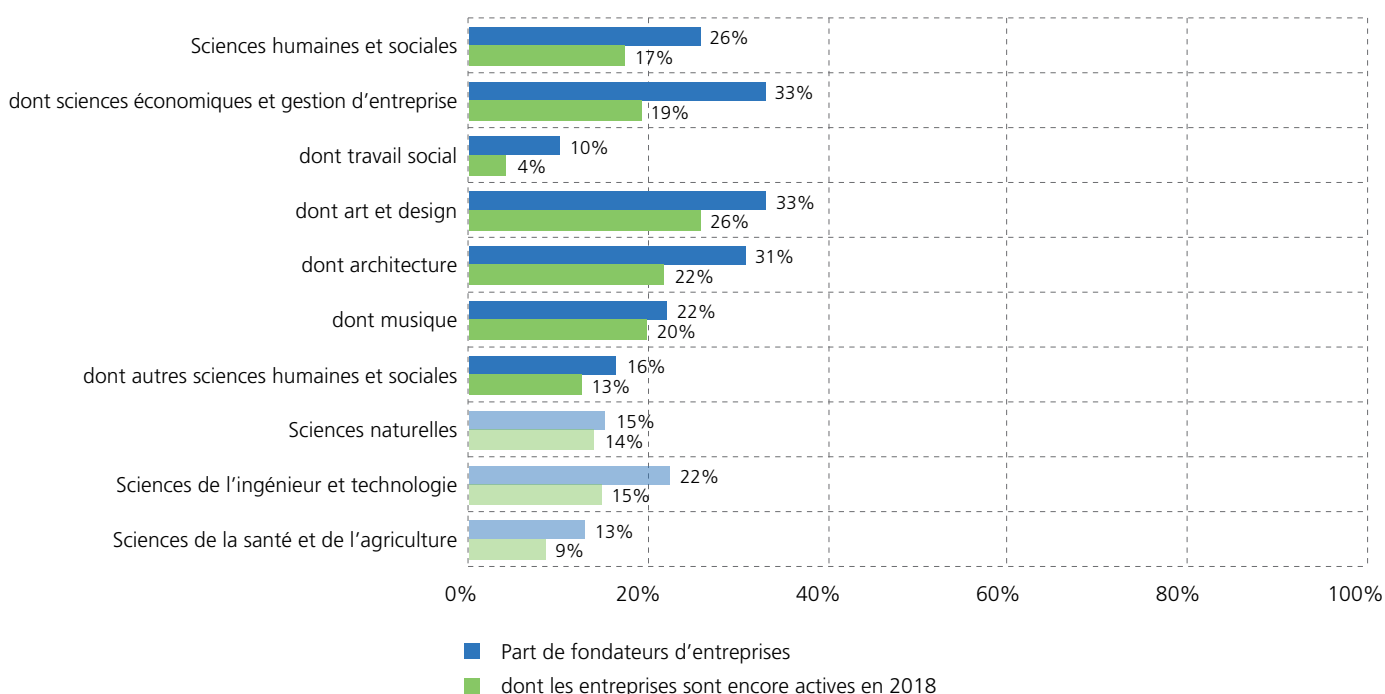
Créations d'entreprises et entreprises encore actives économiquement en 2018

Dans les hautes écoles spécialisées, les projets de spin-off qui reposent sur les résultats de travaux de recherche sont peu nombreux (swiTT, 2018; partie C étude 5 « Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques »). Toutefois, dans de nombreux domaines, les collaborateurs HES montrent un grand intérêt pour la création d'entreprise (graphique C 2.10). Dans certains champs profession-

nels, par exemple chez les designers et les architectes mais aussi dans les professions médicales, agricoles et artistiques, l'activité indépendante – et par extension la création d'entreprises – sont très répandues. L'exemple 3, intitulé « struckd : une start-up de la ZHdK commercialise une plateforme de design de jeux vidéo qui ne nécessite aucune connaissance en programmation », présente un cas de création d'entreprise orientée technologie menée par des étudiants d'une haute école d'art. Et de nombreux économistes ont déjà une expérience personnelle dans la création d'entreprises. À l'inverse, dans les champs professionnels où l'engagement est la forme d'exercice la plus courante – comme c'est le cas dans le travail social –, la création d'entreprises est plus rare. En 2018, les entreprises issues du travail social et de l'économie générale / de la gestion d'entreprise sont moins souvent encore actives économiquement⁶ que dans d'autres domaines. Cela peut s'expliquer par des chances de survie moins élevées, mais aussi, concernant l'économie générale et la gestion d'entreprises, être le signe de barrières à la création moins importantes et de meilleures connaissances en création d'entreprises, ce qui facilite la création d'une société, mais ne garantit pas nécessairement sa survie à long terme.

⁶ La date de la création de l'entreprise concernée est inconnue.

Graphique C 2.10 : Part des collaborateurs HES par discipline ayant fondé une entreprise et dont l'entreprise était encore active en 2018



Source : enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées » (Blaese, Morandi & Liebig, 2019)

Les secteurs concernés par la création d'entreprises

Les domaines dans lesquels les entreprises ont été fondées couvrent largement toutes les disciplines et tous les domaines spécialisés. Comme on peut s'y attendre, les secteurs concernés par la création d'entreprises en lien avec l'entrepreneuriat social ou culturel dominant dans les sciences sociales et humaines.⁷ Toutefois, les créations d'entreprises peuvent aussi être en lien avec la technologie, de même que les thématiques Médecine/Medtech, Sciences de la vie, TIC ou encore Cleantech sont elles aussi présentes au sein des nouvelles entités créées. Cela montre que les projets de création en sciences humaines et sociales, et notamment en économie générale et en gestion d'entreprise, dans le design, et dans les disciplines artistiques comme la musique, sont souvent pluridisciplinaires (graphiques C 2.12). L'exemple 3 (« struckd ») met en lumière la complémentarité des compétences artistiques, technologiques et économiques. Dans les sciences humaines et sociales, l'importance de la catégorie « Autres », dont la valeur est bien plus élevée que dans les sciences naturelles et de l'ingénieur (cf. version intégrale de l'étude), reflète la grande diversité des secteurs concernés par la création d'entreprises.

2.6.3 Exemples présentant des projets d'innovation réussis et impliquant des chercheurs en sciences humaines et sociales

Des demandes auprès d'Innosuisse et de l'Académie suisse des sciences humaines et sociales, couplées à des recherches sur Internet, ont permis d'identifier trois exemples de projets d'innovation co-développés par des hautes écoles disposant de connaissances en sciences humaines et sociales. Les projets ont été recensés et décrits sur la base de divers rapports et d'entretiens guidés avec les acteurs principaux.

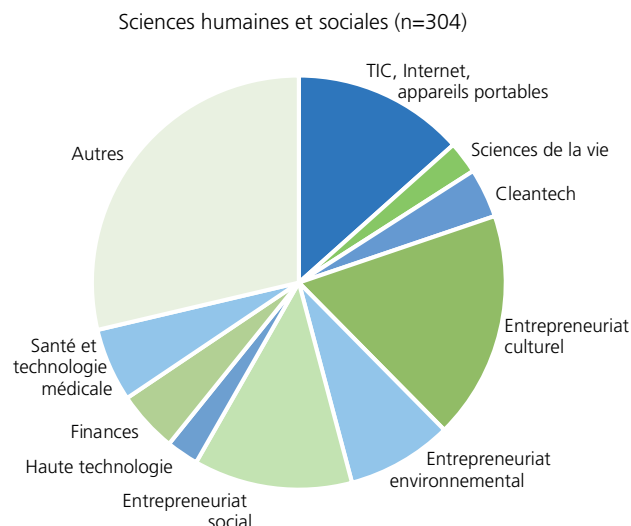
2.6.4 Conclusions

L'évaluation des données de l'enquête et les exemples précités permettent d'aboutir à plusieurs constats concernant l'apport des sciences humaines et sociales à l'innovation en Suisse :

- 1) À l'exception de l'économie générale et de la gestion d'entreprise, les travaux de recherche mandatés par des entreprises privées aux hautes écoles spécialisées sont relativement rares en sciences humaines et sociales. En revanche, les institutions publiques sont davantage demandeuses, notamment dans le travail social.
- 2) Bien que cela soit moins fréquent que dans les sciences naturelles et de l'ingénieur, l'utilisation des résultats des travaux

⁷ Il est intéressant de constater que les innovations sociales semblent jouer un rôle important également dans les sciences naturelles, les sciences de l'ingénieur, la technologie, la médecine, la médecine vétérinaire et l'agriculture. Ainsi, les domaines de création d'entreprise tels que l'entrepreneuriat social ou culturel ne sont pas seulement représentés dans les sciences humaines et sociales (cf. version intégrale de l'étude).

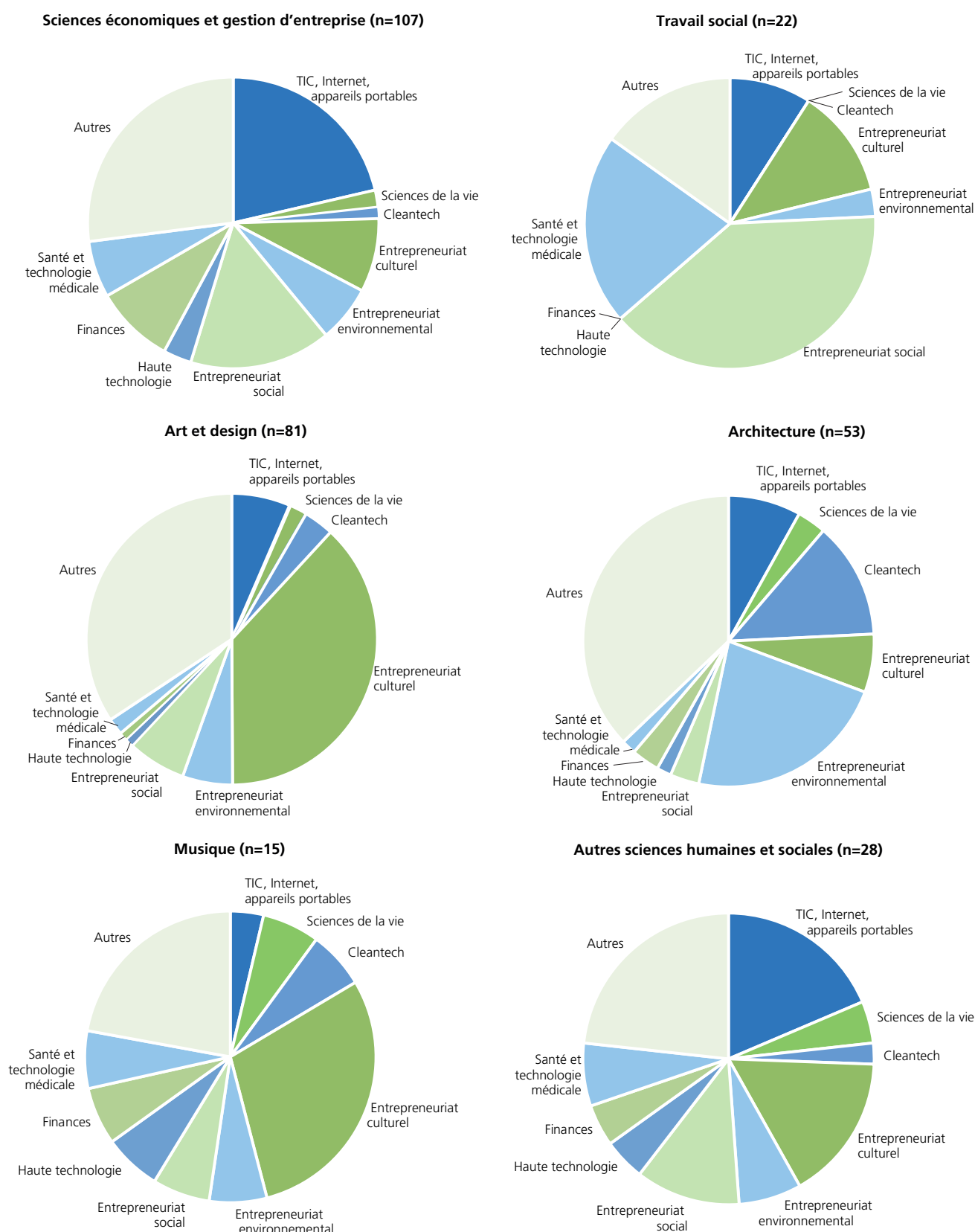
Graphique C 2.11 : Champs de création d'entreprises dans les sciences humaines et sociales, 2018



Source : enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées » (Blaese, Morandi & Liebig, 2019)

de R-D dans la recherche sur mandat reste malgré tout une pratique courante en sciences humaines et sociales ; et ce indépendamment de l'endroit où ces travaux ont été effectués et de quelle manière. Ainsi, des groupes en dehors du milieu scientifique profitent largement des travaux de R-D. Comme le montrent les exemples ainsi que l'étude 5 (« Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques »), mentionnés dans le présent rapport, ce transfert de connaissances peut être mis en œuvre et encouragé grâce à des formes de coopération simples, par exemple en réalisant des travaux de fin d'études destinés à, et en collaboration avec, des utilisateurs issus de la pratique, en mettant sur pied des groupes de travail sur de nouvelles technologies et thématiques, ou encore en organisant des manifestations.

- 3) Les créateurs d'entreprises sont aussi nombreux dans les sciences humaines et sociales que dans les sciences naturelles et de l'ingénieur. Les chiffres analysés ne fournissent aucune indication sur la taille des entreprises créées et leurs perspectives de croissance, mais leur viabilité est peu ou prou identique dans toutes les disciplines.
- 4) En sciences humaines et sociales, les champs thématiques ainsi que les branches des entreprises créées sont variés. Cela peut indiquer que les spin-off et les start-up académiques impliquant des acteurs issus de ces domaines présentent des compétences pluridisciplinaires. La diversité des concepts et des méthodes qui en résulte peut susciter des réactions très diverses également dans le milieu des entreprises, et par là renforcer celles-ci.

Graphique C 2.12 : Champs de la création d'entreprises par domaine des sciences humaines et sociales, 2018

Aide à la lecture : les diagrammes circulaires indiquent dans quels domaines des sciences humaines et sociales les entreprises ont été créées. Une personne pouvait indiquer plusieurs domaines si plusieurs entreprises avaient été créées ou si une entreprise était active dans plusieurs domaines. Sur 107 économistes et experts en gestion, 34 ont par exemple indiqué que leurs entreprises avaient été créées dans le domaine « TIC, Internet, appareils portables » et 2 dans le domaine « Cleantech ».

Source : enquête « Les créations d'entreprises fondées sur la science dans les hautes écoles spécialisées » (Blaese, Morandi & Liebig, 2019)

Exemple 1 : Développement d'un appareil de mesure pour l'analyse non-destructive de biens artistiques et culturels par thermographie active



Source : Université technique de Cologne

La détection de dommages cachés infligés aux œuvres d'art et aux biens culturels tels que tableaux, sculptures et autres objets, et l'identification des structures internes, revêtent une importance majeure pour les conservateurs et les restaurateurs. Elles nécessitent toutefois de recourir à des procédés d'analyse non-destructifs permettant, par exemple, de localiser et d'observer un phénomène de délaminage sur une couche de peinture, des galeries d'insectes ou encore des creux, qui ne peuvent être identifiés à l'œil nu.

Dans le cadre de ce projet, des chercheurs en conservation et en restauration de la Haute école des arts de Berne (HKB) ont développé, en collaboration avec le partenaire industriel coatmaster (autrefois Winterthur Instruments AG) et d'autres hautes écoles

suisses, entreprises et institutions publiques, un nouveau type d'appareil mobile et convivial. Baptisé « Tracer », celui-ci met en évidence les dommages et les structures cachées sur les œuvres d'art et les biens culturels fragiles en chauffant légèrement leur surface et en analysant les différences qui apparaissent dans le flux thermique ainsi généré à l'aide d'une caméra infrarouge et avec un algorithme précis. L'expérience et les connaissances des chercheurs de la HKB dans le domaine de la conservation et de la restauration d'œuvres d'art et de biens culturels ont été déterminants pour pouvoir définir des paramètres de fonctionnement spécifiques à cette nouvelle application, dans une technologie toutefois déjà existante.

Ce nouveau produit a pu être mis au point dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire soutenu financièrement par la Haute école des arts de Berne, Coatmaster et Innosuisse au cours de différentes phases et dans des proportions variées, ainsi que par d'autres partenaires au moyen de prestations en nature.

Outre le soutien financier, cette forme de collaboration entre des partenaires académiques, économiques et autres, a offert un engagement et une sécurité accrus qui auraient été difficiles à atteindre autrement.

La commercialisation complète de l'innovation s'avère toutefois problématique en raison d'un manque de financement entre la fin du projet de développement et les toutes dernières optimisations du produit avant sa mise sur le marché. La petite taille du marché cible a aussi contribué au problème.

Exemple 2: Groupe de travail Distributed Ledgers: processus d'apprentissage dirigés sur les nouvelles technologies et sur les conséquences pour les modèles d'affaires actuels

Le Groupe de travail Distributed Ledgers (GT DL) a été mis sur pied en 2018 par l'Institut de gestion de la technologie (ITEM) de l'Université de Saint-Gall. Ce groupe proposait aux participants une plateforme d'information et d'échange sur le nouveau sujet des « Distributed Ledgers », qui faisait parallèlement l'objet de travaux de recherche. L'expression générique « Distributed Ledger Technologies (DLT) » (technologie des registres distribués) désigne une forme de trafic de données numérique reposant non pas sur une base de données centrale, mais sur des systèmes de transaction distribués tels que la technologie de « blockchain » (chaîne de blocs) utilisée pour la cryptomonnaie Bitcoin. Le potentiel économique colossal des DLT a des répercussions sur la gestion des compétences, de l'utilité et des risques pour l'entreprise, et les DLT ont aussi un impact sur les modèles d'affaires actuels.

Lors de six rencontres (voir graphique ci-contre), la vingtaine de participants issus de huit entreprises privées et publiques (voir tableau ci-contre) ont clarifié le potentiel technologique des DLT pour leurs propres entreprises et modèle d'affaires.

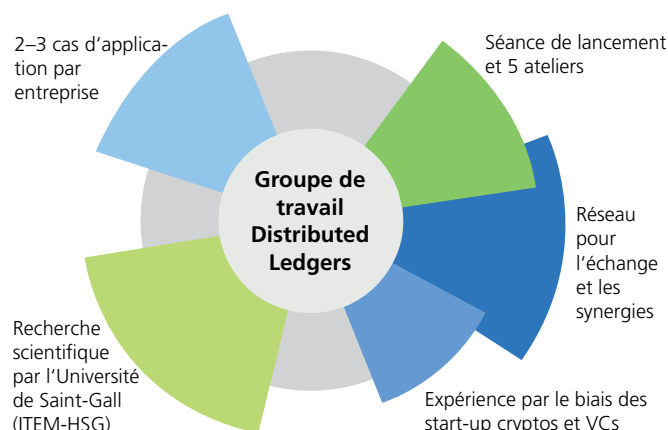
Du point de vue des participants, le fonctionnement flexible du groupe de travail, axé sur leurs intérêts, a contribué à la réussite du transfert de connaissances. Concernant les domaines sélectionnés, de la mobilité et de l'énergie, des experts ont été invités à présenter par exemple les impacts technologiques des DLT sur les processus « meter-to-cash »⁸ dans le secteur énergétique ou encore sur les « smart contracts »⁹ dans le secteur des assurances. Lors du transfert de connaissances dans leur propre organisation, les participants ont constaté que la logique de fonctionnement décentralisée des DLT s'opposait souvent à la logique des modèles d'affaires traditionnels appliqués au sein des organisations centralisées.

Ce groupe de travail a permis d'améliorer la compréhension de cette technologie, d'identifier des possibilités d'utilisation dans différentes branches, et la table ronde sur la blockchain a été lancée à Saint-Gall afin de poursuivre les échanges intersectoriels. Par ailleurs, grâce aux connaissances acquises dans le cadre du GT DLT, les entreprises participantes peuvent continuer à développer des modèles d'affaires concrets tant à l'interne que dans le cadre de coopérations. En outre, de nombreux résultats de recherche ont été intégrés dans les processus d'apprentissage à l'Université de Saint-Gall.

⁸ Il s'agit de processus pour mesurer et décompter l'énergie.

⁹ Il s'agit de processus automatisés de reproduction, de contrôle ou de négociation d'un contrat.

Organisation du groupe de travail DLT



VCs = Venture Capital Start-ups
Source : Université de Saint-Gall

Secteur privé	Secteur public
Osram Licht AG	Ville de Saint-Gall
Robert Bosch AG	Services industriels de Saint-Gall
Siemens AG	
Volkswagen AG	
Covestro AG	
Groupe Helvetia	
EnBW Energie Baden-Württemberg AG	

Exemple 3 : struckd, une start-up de la ZHdK commercialise une plateforme de design de jeux vidéo qui ne nécessite aucune connaissance en programmation

Le développement et la commercialisation de jeux vidéo prennent souvent du temps, entraînent des coûts élevés, et nécessitent des connaissances en programmation et en technique. La plateforme « struckd » offre la possibilité aux utilisateurs d'ordinateurs et de smartphones passionnés de jeux vidéo de développer leur propre jeu à l'aide d'un simple éditeur 3D fonctionnant par glisser-déposer sous Android et Windows, sans que des connaissances techniques sur des composants préfabriqués ne soient nécessaires.

Jusque-là, il n'était possible de créer ses propres univers de jeux, à l'image des constructions Lego, qu'en utilisant un mode de création intégré à des jeux informatiques déjà existants. Or « struckd » permet non seulement de développer ses propres jeux mais aussi de les commercialiser, de la même manière que YouTube permet de diffuser des vidéos. Toutefois, les utilisateurs peuvent aussi utiliser la plateforme simplement pour jouer, évaluer des jeux ou encore en acheter.

Les deux fondateurs de « struckd » ont décidé de développer ce projet juste après l'obtention de leur bachelor en Game Design à la Haute école des arts de Zurich (ZHdK), grâce auquel ils avaient acquis des compétences non seulement en programmation mais aussi des compétences artistiques, par exemple en « storytelling » (mise en récit). Après une courte phase d'encouragement dans le cadre d'un Entrepreneurship Education Programm de la ZHdK, le projet a bénéficié d'un nouveau soutien et a attiré ses premiers investissements grâce à l'organisation privée « Swiss Start-Up Factory ». Un investisseur expérimenté a par ailleurs été invité à siéger au conseil d'administration de la jeune entreprise.

Le programme d'encouragement Game Culture de la fondation Pro Helvetia, qui soutient l'art et la culture suisses, a ouvert

à l'entreprise les portes de plusieurs manifestations internationales et lui a permis de nouer des contacts précieux avec des investisseurs.

Bien que « struckd » ne soit officiellement sur le marché que depuis le début de l'année 2017, elle dispose déjà d'une vaste communauté internationale, notamment au Brésil, en Inde, en Russie, mais aussi en Corée du Sud, aux États-Unis et en Europe. Début 2019, la plateforme comptait 200 000 utilisateurs actifs par mois et enregistrait plus d'un million de téléchargements sur le Play Store (Android). Depuis, près de 100 000 jeux supplémentaires ont été créés et téléchargés depuis « struckd ». L'entreprise vise désormais une entrée dans l'App Store courant 2019.

Toutefois, le modèle d'affaires d'une plateforme de médias sociaux telles que « struckd », qui vise la réalisation d'économies d'échelle, a besoin d'une base d'utilisateurs plus fournie que la simple masse critique pour pouvoir générer ses premiers bénéfices. L'entreprise est parvenue à trouver deux investisseurs prêts à financer la création de cette base d'utilisateurs sur le long terme.

La start-up n'a bien évidemment pas trouvé son financement actuel en Suisse, les investisseurs dans le domaine du jeu étant plutôt rares. De même, il n'existe que quelques start-up et entreprises ayant réussi dans ce domaine. Toutefois, la situation est prometteuse. La Suisse possède en effet un groupement de centres de formation et de recherche dans le domaine du développement de jeux vidéo, reconnu à l'échelle internationale. Celui-ci rassemble entre autres l'ETH Zurich, la ZHdK ou encore la Haute école d'art et de design de Genève. La plupart de ces centres sont en contact avec le laboratoire de recherche de la Walt Disney Company installé à l'ETH Zurich.

2.7 Les grands défis et l'innovation suisse

2.7.1 Les SHS et les grands défis de société

On peut encore mieux comprendre le rôle que peuvent jouer les SHS dans l'innovation dans le cadre des grands défis de société (Grand challenges) que l'ONU (2015) définit sous la forme de 17 objectifs de développement durable (ODD) visant à éradiquer la pauvreté, à protéger la planète et à garantir la prospérité pour tous.

Ces grands défis – l'image du développement durable – se présentent à l'échelle globale et exigent des réponses innovantes concrètes, sous forme marchande ou non marchande. Celles-ci suivent à la fois une logique d'action descendante et ascendante.

Les SHS encadrent et légitiment les innovations dans les deux logiques.

- Logique descendante: les grands défis mobilisent le monde politique international qui exerce son influence via le droit international et les accords internationaux sur les institutions du pays, en particulier sur les cadres législatifs nationaux. Par leurs analyses et leurs expertises, les SHS contribuent à ce que les innovations techniques et les attentes sociales ne soient pas dissociées. Les SHS peuvent par exemple aider à trouver des solutions aux conséquences indésirables des innovations.¹⁰
- Logique ascendante: à l'inverse, un mouvement par le bas se forme à partir des multiples innovations qui naissent, à l'étranger et en Suisse. Ces innovations se diffusent, se renforcent mutuellement et exercent des pressions sur les institutions en place. Il existe par exemple aujourd'hui de nombreuses solutions dans l'industrie des déchets qui ont été développées localement. Ces innovations tant technologiques que sociales sont évaluées et comparées, et donnent lieu à un renforcement des systèmes de gestion des déchets en place. Le cadre législatif reprend alors les enseignements à tirer de ces expériences et permet ensuite de procéder à une large diffusion et de rendre cohérents les différents aspects potentiellement conflictuels (par des normes, de la coordination, etc.). Les enjeux d'innovation liés à la transition énergétique illustrent particulièrement bien ces complémentarités entre différents types d'innovation (voir l'exemple de l'énergie ci-dessous).

Entre ces logiques descendantes et ascendantes, le système institutionnel légitime une solution au détriment d'une autre (par exemple: le principe du pollueur payeur), gère l'arbitrage délicat entre la facilitation du changement (développer les cryptomonnaies) et la préservation des positions sociales existantes (les chauffeurs de taxi affectés par Uber), entre les concessions internationales (l'ouverture des marchés agricoles) et les intérêts nationaux et régionaux (développer les services écosystémiques de l'agriculture). Les SHS sont partie prenante de toutes ces activités.

¹⁰ L'innovation de l'Internet a ainsi donné naissance à la cybercriminalité (p. ex. la pédopornographie). Les SHS ont contribué à élaborer un cadre légal pour réprimer la cybercriminalité.

2.7.2 Les grands défis et les SHS: l'exemple de la transition énergétique en Suisse et sur la scène internationale

La transition énergétique est l'un des grands défis le plus souvent évoqués. Comme tout autre pays, la Suisse aussi doit innover pour trouver des solutions à cette thématique.

À la pointe d'innovations technologiques dans la production d'énergies renouvelables, notamment photovoltaïques, la Suisse peine cependant à générer de grandes industries exportatrices et compétitives à large échelle dans ce domaine. Elle est en revanche un lieu d'expérimentations (projets phares, pilotes ou de démonstration) permettant de développer une nouvelle culture de production et d'utilisation de ces énergies où il s'agit de créer et de propager de nouveaux modes de vie et de nouvelles pratiques de consommation. Il s'agit également de nouvelles organisations collectives telles que des coopératives d'habitation intégrant la production d'électricité et des projets d'économies d'énergie (innovations sociales).

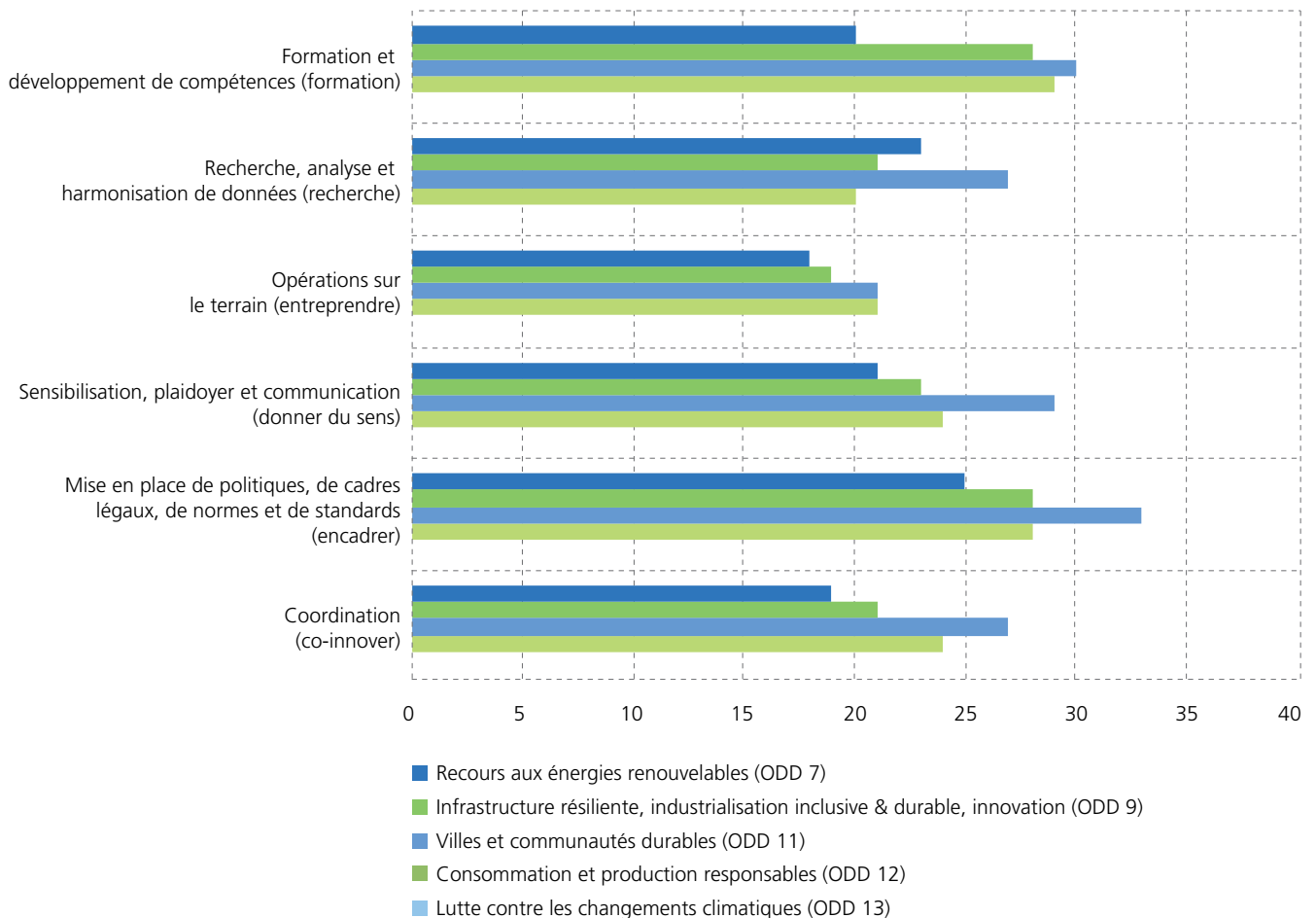
La Suisse est aussi un acteur de l'innovation et de la transition énergétique sur la scène internationale au travers de projets de démonstration comme l'avion léger Solar Impulse ou le catamaran Planet Solar, ou au travers d'événements comme le premier Salon du Climat en 2018 à Genève. La plateforme REPIC¹¹ gérée conjointement par le Secrétariat d'État à l'économie (SECO), la Direction du développement et de la coopération (DDC), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) soutient des projets de transition énergétique dans différentes régions du monde à travers le label suisse « Cité de l'énergie ». Ce label valorise et fait connaître des initiatives collectives locales visant la production et l'utilisation durables d'énergie.

En outre, la Suisse abrite plus de 20 organisations internationales établies à Genève qui promeuvent les énergies renouvelables dans le monde de manière opérationnelle (soutien de projets, coordination) ou institutionnelle (gestion et définition de normes, de standards, de cadres juridiques et de politiques publiques) (graphique C 2.13).

Les SHS contribuent à l'innovation et à la transition énergétique en créant les conditions d'un débat public sur les problèmes à résoudre, en imaginant des solutions collectives et en les diffusant au sein de la société. En 2015, l'Université de Lausanne (UNIL) a par exemple lancé le projet VOLTEFACE en partenariat avec l'entreprise Romande Energie et le canton de Vaud. Ce projet partait du constat que la transition énergétique n'est pas uniquement liée à un défi technologique, mais aussi à un défi de société impliquant des changements institutionnels, économiques, territoriaux et de modes de vie conséquents. Douze équipes de recherche et plusieurs événements participatifs, réunissant des chercheurs, des étudiants et des représentants de collectivités publiques, d'entreprises et de milieux associatifs, ont permis de problématiser dans des domaines concrets les défis de la transition énergétique. VOLTEFACE, qui incluait les sept facultés de l'UNIL, a permis d'iden-

¹¹ REPIC : Renewable Energy, Energy- & Ressource Efficiency, Promotion in International Cooperation.

Graphique C 2.13 : Nombre d'organisations internationales établies à Genève dans des domaines d'expertise relevant des objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU (sélection)



77 organisations ont participé au sondage, expertise autoévaluée par les organisations
 Source : graphique Jeannerat, Crevoisier, Brulé & Suter d'après UN Office Geneva (2015)

tifier les valeurs économiques et sociales mises en jeu par cette transition, ses acteurs fondamentaux (p. ex. entreprises, instituts de recherche, associations, consommateurs) ainsi que des outils méthodologiques, institutionnels, techniques et communicationnels pour y parvenir.

2.7.3 Les SHS et «l'innovation suisse»

Chaque société génère des innovations selon une logique qui lui est en partie propre. Dans ce chapitre, l'importance des SHS est démontrée à l'aide de trois caractéristiques particulières du système suisse d'innovation. À défaut d'une étude approfondie, seules quelques pistes sont formulées ici.

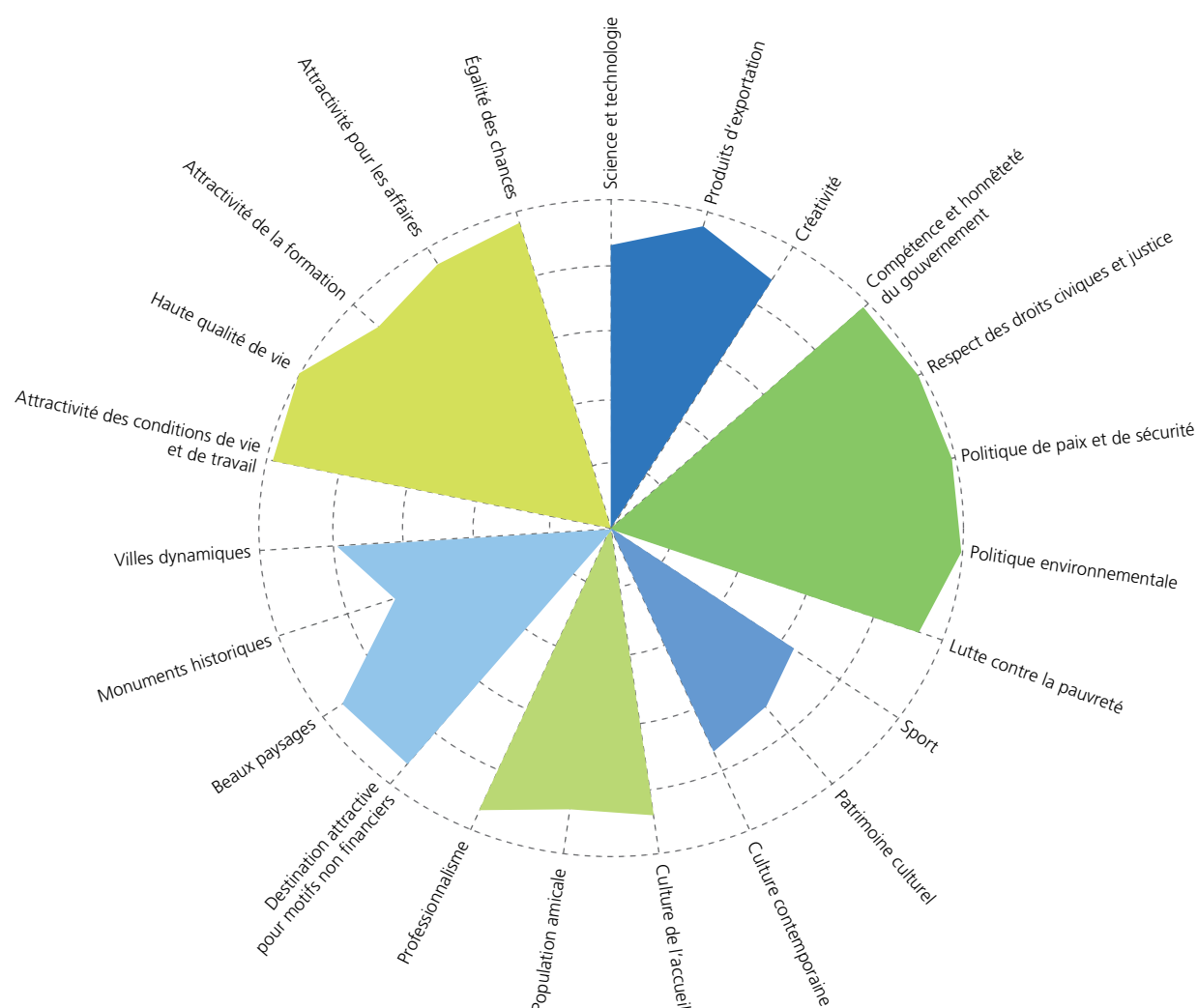
Une première spécificité de l'innovation suisse est la qualité des conditions cadres et des services publics : transports, santé, éducation, information, sécurité, paysage, stabilité juridique et respect de l'État de droit, etc. Un service public de qualité fournit

en principe des prestations de base, à prix abordable, sur l'ensemble du territoire et sans discrimination. Selon le Nation Brand Index 2017 (graphique C 2.14), la Suisse occupe les premiers rangs non seulement dans le domaine de l'innovation, mais aussi en matière de gouvernance démocratique et durable, de tourisme et de qualité de vie.

Ces caractéristiques augmentent l'attractivité du pays. Dès le 19^e siècle, la Suisse a attiré les entrepreneurs, les artistes, les scientifiques : de grandes entreprises, comme Nestlé ou ABB, sont ainsi dues à cette attractivité. De nos jours, la fréquentation croissante d'étudiants, de doctorants et de professeurs étrangers au sein de nos hautes écoles (SEFRI, 2016) montrent aussi l'importance de cette attractivité.

Les attentes élevées envers le service public rend le service public lui-même générateur d'innovation de par la nécessité de trouver des solutions aux problèmes sociaux : ce fut par exemple le cas du développement de l'abonnement général.

Graphique C 2.14 : Image de la Suisse selon le Nation Brands Index 2017



- Produits d'exportation et innovation
- Gouvernance
- Culture et sport
- Population
- Tourisme
- Attractivité du pays

Source : Nation Brands Index 2017, dans Présence suisse (2017)

Une deuxième spécificité est l'utilisation de valeurs et de ressources culturelles (romantisme alpin, paysans-horlogers des montagnes jurassiennes, neutralité, discrétion, etc.) par les grandes industries du Swiss made comme l'horlogerie, le chocolat, le fromage, la gestion de fortune, le tourisme, l'organisation de rencontres internationales, etc. Il ne s'agit pas simplement de mobiliser des valeurs et des stéréotypes passés, mais bien de les réinventer en fonction du futur (développement durable, design, sécurité, recherche, ouverture, intégration sociale, etc.). Ces industries traditionnelles n'auraient probablement pas pu survivre si elles ne

s'étaient pas transformées en véritables industries culturelles qui vendent de l'« authenticité » bien plus que des biens ou services uniquement fonctionnels. La valeur de ces innovations culturelles a été bien comprise et a donné naissance, entre autres, aux réglemmentations « Swissness ».

Une troisième spécificité est la multiculturalité et la place de carrefour européen et mondial qu'occupe la Suisse. De nombreuses innovations culturelles et sociales reposent sur la rencontre de différentes cultures et la capacité de les faire communiquer de

manière pragmatique, en laissant peu de prise aux idéologies, aux idéaux absolus et même aux grandes aspirations. Historiquement, la Suisse a généré peu de grand(e)s artistes, de savant(e)s, de politicien(ne)s de stature internationale, etc., en revanche elle a permis leur rencontre et a fourni un contexte pragmatique pour leurs activités : c'est un endroit où se construisent les compromis, où le commerce de l'art et les arts appliqués prospèrent (architecture, graphisme, design, travail des métaux précieux, etc.). La Genève internationale (graphique C 2.14), le Comité International de la Croix-Rouge (CICR), les grandes fédérations sportives internationales ou encore Art Basel sont des institutions qui sont nées et qui fonctionnent grâce aux valeurs du pays (neutralité, sécurité, État de droit, etc.) et qui attestent d'un haut niveau de présence et de reconnaissance internationales. Ce sont des ressources culturelles de premier ordre pour attirer des touristes, des personnalités des sciences et des arts, des résidents plus ou moins fortunés, etc. mais qui fournissent également un avantage considérable dans le domaine des greentechs, des medtechs, de la mode et du design ou encore des fintechs, avantages que les entreprises exploitent largement.

En résumé, les grands États qui ont développé des systèmes d'innovation performants (USA, Grande-Bretagne, France, Japon, etc.) ont favorisé les secteurs qui leur permettaient de renforcer leur présence internationale, y compris militaire (aérospatial, nucléaire, armement, systèmes d'information, de télécommunication et de surveillance, etc.). L'histoire d'une partie de l'innovation suisse est très différente car elle se nourrit des clichés touristiques hérités du 19^e siècle (par exemple les montagnes) et constamment renouvelés, mais aussi de la qualité des infrastructures du pays et de sa place de carrefour multiculturel entre les grandes puissances politiques et économiques.

Reconnaître cette dimension culturelle et sociale du système suisse d'innovation, la documenter de manière systématique et en utiliser les résultats permettraient certainement d'en améliorer le fonctionnement.

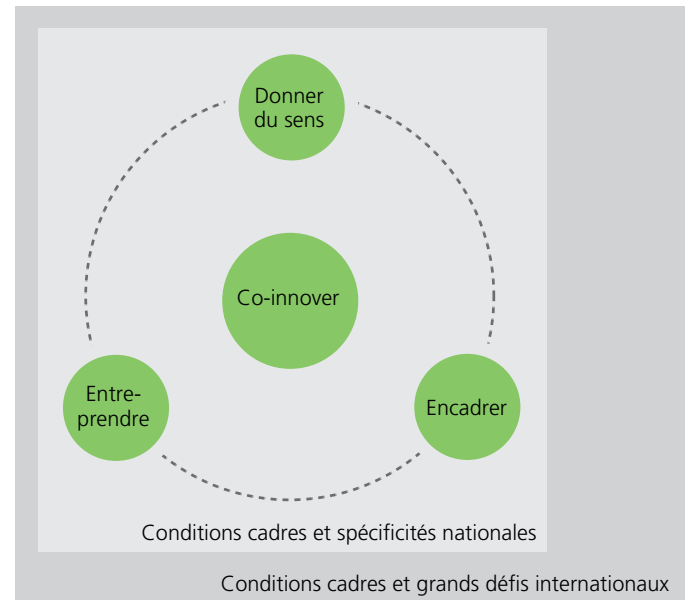
2.8 Synthèse: les fonctions des SHS dans l'innovation

On peut résumer la contribution des SHS en quatre fonctions essentielles : entreprendre et organiser (2.8.1), donner du sens (2.8.2), encadrer institutionnellement son développement (2.8.3) et co-innover en société (2.8.4) (graphique C 2.15).

2.8.1 Entreprendre et organiser

L'apport consiste principalement à développer de nouvelles activités et de nouveaux modèles d'affaires (voir ci-dessous) en lien avec des marchés ou certains besoins de la société. Cette action peut être initiée de manière individuelle ou collective, dans le cadre d'entreprises, d'organisations, d'associations, de groupes, etc. La contribution des SHS est alors la suivante :

Graphique C 2.15 : Les principes fonctions des SHS au cœur du système d'innovation



Source : graphique Jeannerat, Crevoisier, Brulé & Suter

- Identifier et formuler des opportunités : comprendre et anticiper les besoins des clients afin de développer des idées de produits, de services et/ou de modèle d'affaires. Mener des enquêtes et élaborer des visions du futur (tendances, scénarios, etc.) ; identifier les opportunités ; organiser des brainstormings et imaginer des modèles d'affaires ; faire converger les différentes visions ; analyser méthodiquement, expérimenter, et formuler des scénarios afin de comparer les différentes options et de prendre des décisions.
- Mettre en œuvre les idées et les organisations : élaborer des plans d'action et des business plans ; mettre en place des organisations ; concevoir et mettre en place les financements ; rédiger des contrats et imaginer des structures juridiques qui rendent l'innovation possible ; organiser la communication vers l'extérieur (marketing, lobby, corporate communication, etc.), construire et influencer les marchés.
- Évaluer de manière périodique et continue : réaliser des évaluations économiques (comptabilité, systèmes de gestion, etc.), culturelles (sondages, comparaisons, études de cas, etc.) et sociales (débats, enquêtes, etc.) des expérimentations et des solutions proposées pour un problème. En cela, les SHS permettent de reformuler en permanence les problèmes et de renouveler les opportunités d'innovation.

Lors de cette phase (« entreprendre et organiser »), ce sont principalement les sciences liées aux organisations (gestion, psychologie des projets et des organisations, ressources humaines, gestion financière, etc.) ainsi que les sciences liées aux marchés (marketing, design, corporate communication, droit de la propriété intellectuelle, des obligations et des affaires, etc.) qui sont à l'œuvre.

Le Business Model Canvas (BMC) pour systématiser la conception de solutions

En premier lieu, le BMC est un outil de réflexion stratégique qui regroupe sur une seule page plusieurs facettes essentielles du fonctionnement d'une entreprise dans son environnement : proposition de valeur, ressources-clés, flux de revenus, segment de clientèle, etc. Cet outil dissocie clairement d'une part les sources de revenu monétaire et d'autre part la valeur construite pour les clients, les usagers ou les consommateurs. Dans une économie de moins en moins basée sur la simple vente d'un produit contre de l'argent, et de plus en plus sur les innovations culturelles et sociales, il est nécessaire de penser des sources de revenus qui ne proviennent pas, ou pas seulement, de ventes traditionnelles. Le BMC est employé tant par des start-up que par des grandes entreprises internationales comme moyen de penser et de réaliser des innovations liées aussi bien à des développements stratégiques qu'à des problèmes du quotidien. Simple d'abord, il est par exemple utilisé dans les ateliers « Graines d'entrepreneurs » qui visent à donner aux jeunes le goût d'entreprendre.

Le BMC est en soi une success story de l'innovation. L'ouvrage « Business Model Generation », publié en 2010, a été vendu à un million et demi d'exemplaires. Le BMC a été téléchargé plus de six millions de fois. Ses créateurs – les chercheurs lausannois Yves Pigneur et Alexander Osterwalder – ont mobilisé le crowdfunding, quasiment inconnu à l'époque, et ont su jouer avec la mise à disposition gratuite d'une partie importante de leur ouvrage sous le label Creative Commons ; un bel exemple de l'application du BMC à lui-même.

Source : Affentranger (2018)

2.8.2 Encadrer l'innovation et donner des impulsions

Les SHS participent ainsi à définir les conditions-cadres de l'innovation en identifiant les problèmes publics, les objectifs collectifs et les mesures spécifiques qui permettent d'orienter, de promouvoir ou de réglementer certaines innovations. Elles aident à formuler les valeurs et les aspirations de la société.

Les cadres institutionnels de l'innovation touchent à la fois les niveaux locaux, nationaux et internationaux. Les grands défis sont par exemple institutionnalisés sous forme de traités internationaux et, aux échelles nationale, cantonale et locale, sous forme de lois et de réglementations. La contribution décisive de la Genève internationale à la mise en place de politiques, de normes et de cadres légaux propices aux objectifs de développement durable de l'ONU illustre cet apport des SHS à l'innovation (graphique C 2.14).

Les méthodes utilisées relèvent notamment des techniques d'animation (de séances, de débats, de groupes de travail, etc.),

de la gestion de processus (processus législatifs, de négociation, etc.) ou des capacités de synthèse et de proposition (rédaction de rapports, de projets de lois, etc.).

Ces méthodes sont principalement le fruit des sciences politiques et sociales, de l'économie politique, du droit public, des sciences des médias, etc.

2.8.3 Donner du sens

Par leurs productions artistiques, littéraires, muséologiques, historiques ainsi que par leurs recherches sur la diversité sociale, les SHS construisent du sens par la mise en récit et la mise en scène de valeurs partagées. Ces valeurs attribuées à certaines nouveautés créent un sens partagé pour deux raisons. D'une part, elles agissent ainsi sur nos capacités à distinguer des pratiques et des produits nouveaux, c'est-à-dire différents de l'existant. D'autre part, elles contribuent à expliciter les besoins et les problèmes concrets auxquels certaines nouveautés doivent répondre. Ainsi, par exemple, Nespresso n'a pu rencontrer le succès commercial qu'après avoir trouvé des réponses aux critiques concernant l'usage de capsules jetables en aluminium.

Les méthodes utilisées pour donner du sens sont les méthodes classiques de la recherche en SHS. Il s'agit de recherches historiques et anthropologiques, d'enquêtes sociologiques, du dialogue entre la science et la société, de la conceptualisation, de la rédaction, de la rhétorique et du storytelling. Les méthodes comparatives (qualitatives et quantitatives) permettent de dégager ce qui est spécifique, différent, nouveau ou original. Les méthodes de design thinking utilisées pour stimuler la créativité et l'innovation se fondent en bonne partie sur ces différentes méthodes.

Les SHS actives pendant cette phase sont principalement les lettres et les arts, la philosophie et la théologie ainsi que les sciences sociales (sociologie, économie politique, anthropologie, psychologie, géographie, histoire, etc.).

2.8.4 Communiquer et débattre pour co-innover en société

L'innovation s'inscrit en général dans une dynamique culturelle, sociale et politique. Pour permettre l'action des entreprises ou des associations, pour donner du sens et instituer des règles, il est nécessaire de communiquer et de débattre des valeurs en société.

Par leurs méthodes et leurs recherches, elles mettent en débat, en relation et en interaction des acteurs dont les connaissances, les idées et les opinions diversifiées permettant d'identifier des problèmes, d'imaginer des solutions et de réaliser des projets en commun. Les démarches de prospective et de foresight développées en France et dans les pays anglo-saxons sont basées sur ces compétences d'animation des SHS.

Design Thinking : concevoir le sens et l'usage des innovations par des méthodes des SHS

Inspirées des méthodes de travail utilisées par les designers pour imaginer et concevoir de nouveaux produits, le design thinking est devenu une démarche de référence pour organiser et systématiser le développement collectif d'idées, de concepts, de pratiques, de nouveaux produits.

Popularisé dans les années 1990 dans Silicon Valley notamment par la d.school de Stanford et l'entreprise de design IDEO, le design thinking désigne un ensemble d'opérations permettant de co-innover : animation de groupes de réflexion, interrogation de personnes, observation des pratiques en société, etc., afin de définir, ou redéfinir, un problème, d'imaginer des solutions et de les concrétiser sous la forme d'innovations.

La plupart des méthodes utilisées par le design thinking relèvent des sciences du design et des SHS en général. Elles se fondent sur des focus group, des entretiens et des observations participantes, des méthodes typiques des SHS. Elles utilisent aussi des stratégies collectives d'imagination, d'idéation et de création relevant de la psychologie sociale, des arts et de la littérature.

Ces méthodes sont aujourd'hui largement reconnues et utilisées dans les hautes écoles et les entreprises suisses pour stimuler l'innovation.

Mesurer les apports des SHS aux innovations commerciales et sociales

Dans la plupart des enquêtes nationales et internationales, il existe des indicateurs permettant d'appréhender plus ou moins directement une partie des apports des SHS au sein des innovations commerciales. Les éclairages des enquêtes portent sur plusieurs types d'apport, comme la recherche ou les méthodes. En ce qui concerne la recherche, on évalue par exemple la part de budget R-D consacré aux SHS (p. ex. Business Research Development Innovation Survey 2009). Pour les méthodes, on observe l'utilisation ou non d'outils provenant des SHS (nouveaux modes d'organisation dans le Community Innovation Survey 2010 (Eurostat 2010)).

Les apports des SHS à l'innovation pourraient être mieux mesurés si l'on recensait systématiquement les méthodes issues des SHS (expliciter, ouvrir le champ des possibles, donner la parole, confronter, reformuler, donner du sens, etc.).

Puisque les innovations, qu'elles soient commerciales ou sociales, émergent de plus en plus à des endroits inattendus, il faut également se pencher sur les conditions sociales, politiques, culturelles qui les favorisent (OCDE, 2010 ; Gault, 2013 ; Krlev et al., 2014). La stabilité politique et l'absence de corruption influencent l'innovation commerciale, par exemple, alors que le capital social, la tolérance et la confiance des citoyens dans les institutions dopent l'innovation sociale. L'élargissement de la mesure aux conditions sociales, politiques et culturelles permettrait aussi de mieux capter les apports des SHS aux innovations publiques et aux innovations provenant des consommateurs.

Les SHS jouent ainsi un rôle d'intermédiaire actif non seulement pour faire émerger l'innovation, mais aussi pour la diffuser à plus large échelle. Même si ces compétences sont transversales à toutes les disciplines des SHS, les sciences de la communication (journalisme, muséologie, édition, événementiel, etc.) et les arts s'en sont plus particulièrement emparés et jouent aujourd'hui un rôle central dans la dynamique d'innovation en général.

2.9 Conclusions

La globalisation des années 1980–90 était celle des produits. Celle d'aujourd'hui prend des formes radicalement différentes grâce à l'avènement du numérique ; Internet et les médias mettent en relation directe les personnes en fonction de leurs affinités et de leurs compétences. Le numérique fournit des informations sur n'importe quel sujet et n'importe quel lieu. Il permet des transactions à distance et facilite de manière décisive la mobilité des consommateurs, des travailleurs, des étudiants, etc.

De multiples acteurs sont dorénavant partie prenante de l'innovation : producteurs, consommateurs, prestataires de services, usagers, experts, influenceurs, journalistes, connaisseurs, amateurs ou professionnels, etc. Économie de l'expérience, du partage, des plateformes... l'innovation se fait en société, et c'est l'image d'une scène à la fois numérique et constituée de lieux concrets qui s'impose à la place des lieux traditionnels de l'échange économique (supermarchés, centres villes commerçants, etc.) et de la production (usines, immeubles de bureau, etc.).

Bien entendu, l'économie a besoin d'un renouvellement industriel et technologique constant si elle veut rester compétitive. Toutefois, ces nouvelles technologies ne peuvent être acceptées et mises en œuvre que si elles font du sens. Les SHS jouent un rôle important – et même décisif – dans l'ancrage de ces technologies dans la société (LERU, 2012 ; FETAG, 2016).

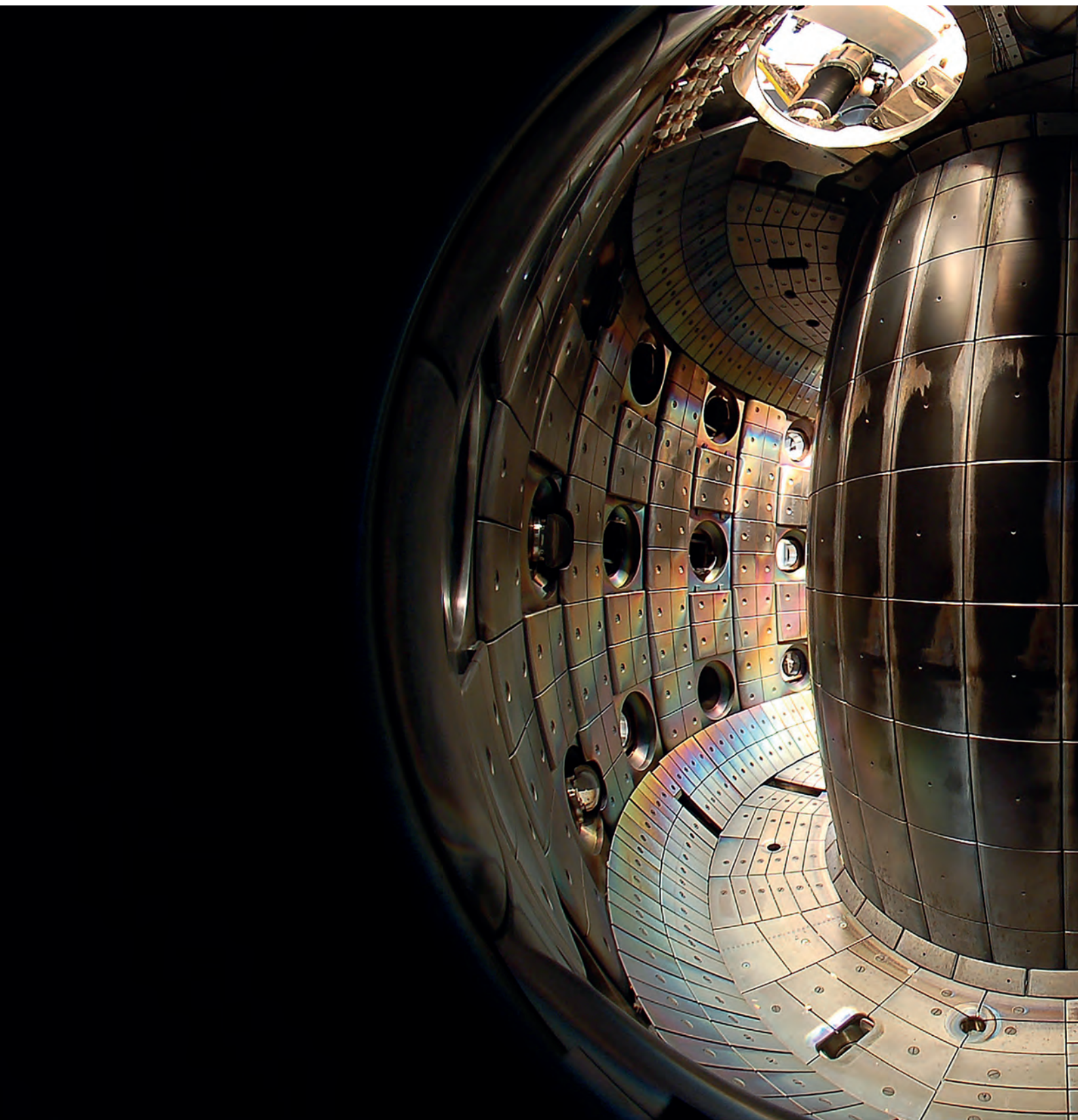
Dans les grands changements que la société subit actuellement, les sciences humaines et sociales améliorent la capacité de la société à se penser au travers d'un dialogue permanent avec les

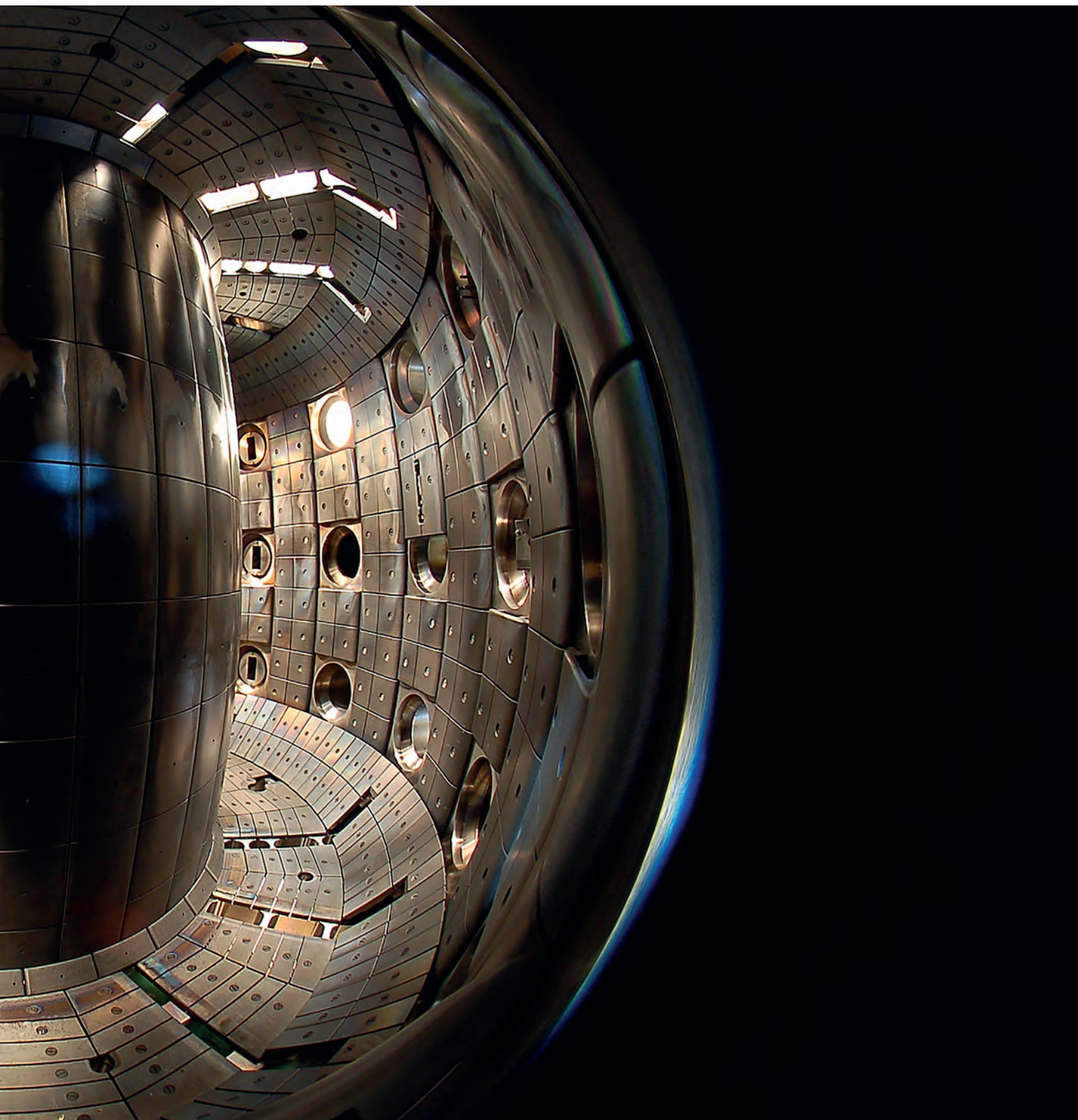
différents acteurs et à se projeter dans l'avenir afin de formuler les aspirations et d'imaginer des solutions innovantes.

À travers les fonctions d'entreprendre, de donner du sens, d'encadrer et de co-innover, les SHS jouent un rôle clé dans le système suisse d'innovation. Elles contribuent d'une part à l'émergence d'innovations censées répondre aux besoins des entreprises, des collectivités publiques et de la population. Elles participent d'autre part au développement et à la diffusion d'innovations à différentes échelles (locale, nationale et internationale) par la mise en place de rencontres, de conditions-cadres et d'événements. Par ailleurs, on observe des créations d'entreprises également dans les sciences humaines et sociales, et la viabilité de ces entreprises est peu ou prou identique dans toutes les disciplines.

Il est aujourd'hui primordial de mieux comprendre cet apport et de l'intégrer davantage dans les politiques et les systèmes d'innovation afin d'accompagner l'évolution rapide des activités économiques et sociales.

De même, il serait nécessaire de mieux comprendre la manière dont la Suisse génère des innovations qui lui sont spécifiques et qui lui permettent de continuer à occuper sa place sur la scène internationale tout en répondant aux grands défis de la société d'aujourd'hui (transition écologique, transition numérique, etc.). Au-delà de la mobilisation de ressources culturelles (romantisme alpin, paysan horloger etc.), il s'agit de valoriser et d'entretenir son rôle de carrefour européen et mondial à travers des innovations sociales et culturelles.





À l'échelle nationale comme internationale, le Swiss Plasma Center (SPC) de l'EPFL constitue un jalon important dans le développement d'une source d'énergie reposant sur la fusion contrôlée. Le SPC participe depuis des années pour le compte de la Suisse au programme de recherche européen visant à développer un réacteur à fusion nucléaire. Il travaille notamment sur le tokamak, un réacteur à fusion dans lequel est produit un plasma chaud de deutérium, un isotope de l'hydrogène. Ce plasma est confiné au moyen de champs magnétiques qui l'empêchent d'entrer en contact avec les parois du réacteur ; on évite ainsi qu'il ne refroidisse ou n'endommage l'installation. La fusion nucléaire se produit à partir d'une certaine température et d'une certaine densité de particules. Ce processus permet d'obtenir une énergie propre, sûre et respectueuse de l'environnement. Illustration : Alain Herzog, EPFL

PARTIE C : ÉTUDE 3

**Innovations dans le domaine
des services**

Synthèse

Le secteur des services joue un rôle significatif dans l'économie suisse. Toutefois, les conditions, les processus et les conséquences des innovations dans ce secteur sont encore (trop) peu compris. Ce déficit de connaissances est particulièrement grave à une époque où le numérique ouvre continuellement de nouveaux champs d'application. Dans la présente étude, trois branches sélectionnées sont analysées de plus près, sous la forme d'études de cas en matière d'innovation et de changement structurel: d'une part, les services à forte intensité de connaissances et les banques, secteurs exposés à la concurrence, et d'autre part, le secteur de la santé. Les principaux résultats tirés de ces études de cas sont les suivants:

1) Il existe d'importantes différences entre les innovations des secteurs analysés et les innovations traditionnelles dans l'industrie. 2) Les innovations rendues possibles par le numérique ont divers effets sur le changement structurel. 3) Il subsiste des potentiels significatifs d'innovation, mais aussi des obstacles à l'amélioration de la productivité des différents services. 4) La formation initiale et continue ainsi qu'une mise en réseau plus intense peuvent grandement contribuer au renforcement d'innovations de services à plus forte intensité de connaissances. 5) Pour procéder au monitoring, il faut adapter et étendre les enquêtes sur l'innovation établies.

1) Il existe des différences fondamentales entre les innovations dans le domaine des services analysés et les innovations plutôt traditionnelles dans l'industrie.

Contrairement aux innovations de processus et de produits des entreprises industrielles établies, les innovations dans les services à forte intensité de connaissances (Knowledge Intensive Business Services) impliquent fréquemment de nouveaux modèles opérationnels et commerciaux. À cet égard, les innovations liées au numérique conduisent souvent à un véritable processus de transformation des entreprises, de leur organisation et de leur interaction avec leurs clients et partenaires. Par ailleurs, les prestations naissent en cocréation par le biais d'un apprentissage et d'un développement conjoints des fournisseurs et des demandeurs et possèdent ainsi une certaine particularité.

2) Les innovations rendues possibles par le numérique exercent divers effets sur le changement structurel.

Les innovations liées au numérique offrent un grand potentiel de changements disruptifs dans les services à forte intensité de connaissances. Les start-up jouent un rôle important à cet effet. En Suisse, la part des services à forte intensité de connaissances dans la création globale de valeur est élevée en comparaison internationale, avec une tendance à la hausse. Le numérique modifie rapidement et durablement les modèles de création de valeur et les interrelations dans les chaînes de valeur. Ainsi, on observe également une modification de la répartition des parts de création de valeur entre les acteurs.

Le système de santé est aussi un grand utilisateur d'innovations dans le domaine des technologies de l'information et de la communication (TIC). Les processus formels d'innovation sur la base de la recherche et du développement sont, à cet égard, de moindre importance. L'innovation se fait plutôt de manière informelle (learning by doing). Elle est aussi partiellement dominée par les fournisseurs de technologie.

3) Il subsiste des potentiels significatifs d'innovation, mais aussi des obstacles à l'accroissement de la productivité des divers services. De plus grands potentiels d'augmentation de la productivité résident principalement dans le déploiement et le développement continu de nouveaux modèles opérationnels et commerciaux, dans la réforme de l'organisation et dans la mise en œuvre de personnel qualifié.

De nombreuses innovations dans le secteur des services ne peuvent pas être développées en laboratoire et mises par la suite sur le marché. Il s'agit plutôt d'un développement caractérisé par l'essai dans la pratique. À cet égard, le cadre politique devrait proposer une liberté d'action ainsi que des allègements appropriés. Dans le secteur des finances, le législateur a procédé dans ce but à la mise en place d'approches positives.

En principe, la Suisse est bien équipée pour aborder la transition numérique. La mise en œuvre et la réalisation des opportunités sont toutefois modestes. Les raisons en sont en grande partie imputables aux demandeurs. On observe une aversion au risque, une pression concurrentielle insuffisante et des barrières culturelles internes aux entreprises.

Dans le cas du système de santé, plusieurs études pronostiquent une amélioration significative de la croissance de la productivité. Cela pourrait contribuer à ce que ce secteur rattrape considérablement les secteurs leaders dans la productivité, pouvant ainsi réduire l'impact sur les dépenses de santé. Un changement structurel potentiel supplémentaire réside en ce que le numérique offre l'accès au système de santé à de nouveaux acteurs, qui peuvent combiner les analyses sophistiquées du Big Data aux capacités élevées d'ingénierie.

4) La formation initiale et continue ainsi que l'intensification de la mise en réseau peuvent grandement contribuer au renforcement des innovations dans le secteur des services à forte intensité de connaissances.

Dans le cadre d'une utilisation optimale du potentiel du numérique, l'intégration et, de ce fait, l'interaction la plus ouverte et la plus synergétique possible entre les trois secteurs que sont la technologie, le domaine commercial et les conditions-cadres légales jouent un rôle clé. Cette synergie nécessite du personnel qualifié qui peut associer ces aspects entre eux. Les offres de formation à tous les niveaux devraient en tenir dûment compte. Par ailleurs, il convient d'utiliser les opportunités de coopération de manière proactive. Une collaboration entre des groupes de banques ou d'hôpitaux afin de développer et d'appliquer des innovations dans le secteur des services, et donc des solutions

d'infrastructure communes associées, peut produire des réductions significatives de coûts, des gains en efficacité et des services de meilleure qualité.

- 5) Pour procéder au monitoring de l'innovation dans le secteur des services, il faut adapter et étendre les enquêtes sur l'innovation établies et quantitatives, afin de mieux pouvoir saisir les caractéristiques spécifiques des innovations dans le secteur des services. Les enquêtes de routine sur l'innovation, réalisées jusqu'à présent de manière quantitative et standardisée, ne saisissent pas ou mal ces caractéristiques typiques des innovations dans le secteur des services. Citons comme exemples de telles particularités le développement d'innovations en étroite collaboration entre fournisseurs et utilisateurs, ou les interactions dans les systèmes autoapprenants. Le monitoring de l'innovation nécessite donc le développement de nouveaux indicateurs. En raison de l'hétérogénéité et de la diversité des services, des études de cas spécifiques aux secteurs pourraient éventuellement être utiles.

Contenu étude 3

3.1	Introduction	207
3.1.1	Position et importance du secteur des services dans l'économie suisse	
3.1.2	Services marchands et non marchands	
3.1.3	Sources et processus d'innovation dans les services	
3.1.4	Trois études de cas, trois priorités	
3.2	L'innovation dans les services à forte intensité de savoir	209
3.2.1	Caractérisation des entreprises de services (marchands) à forte intensité de savoir	
3.2.2	Services à forte intensité de savoir et innovation	
3.2.3	Les services marchands à forte intensité de savoir, moteur de l'innovation et composante d'un système apprenant	
3.2.4	Tendances et développements disruptifs	
3.3	Comportement des banques en matière d'innovation : l'exemple de la technologie financière	213
3.3.1	Comportement des banques suisses en matière d'innovation	
3.3.2	L'écosystème suisse de l'innovation FinTech	
3.3.3	Réglementation et innovation dans le domaine financier	
3.3.4	Obstacles et freins	
3.3.5	Ouverture du marché par la technologie et les acteurs exogènes : une situation concurrentielle inédite	
3.4	Intelligence artificielle et données massives dans le système de santé suisse	219
3.4.1	Cadre général pour les tâches de santé, la productivité et l'innovation	
3.4.2	Signification économique particulière de la «maladie des coûts» de Baumol dans le secteur de la santé	
3.4.3	Importance de l'intelligence artificielle et des données massives pour l'innovation dans le secteur de la santé	
3.4.4	Constats concernant la production et l'introduction d'innovations basées sur l'intelligence artificielle dans le système de santé suisse	
3.4.5	Conclusion	
3.4.6	Méthodologie	
3.5	Conclusions	231

3 Innovations dans le domaine des services

3.1 Introduction

Le secteur des services a gagné en importance depuis les années 1990 et joue un rôle majeur dans l'économie suisse. Les conditions, les processus et les effets des innovations réalisées dans ce secteur sont encore mal compris. Ce déficit de connaissances est particulièrement grave à une époque où la numérisation et ses formes les plus modernes (p. ex. l'apprentissage automatique et le traitement de grandes quantités de données) conquièrent sans cesse de nouveaux champs d'application, notamment dans le domaine des services. Il est donc indispensable d'améliorer l'observation et la mesure des innovations dans les services. Un tel suivi doit permettre de comprendre ce qui se passe effectivement dans ce secteur tout en évaluant si et comment les défis de la numérisation y sont relevés et dans quelle mesure y sont obtenus des effets positifs pour l'économie suisse comme l'amélioration de la compétitivité ou des impulsions à la croissance.

À titre liminaire, mentionnons trois aspects des services et de leurs activités d'innovation dans le cadre de l'économie suisse :

- Eu égard à leur part dans la création de valeur de l'économie suisse, les prestations de services revêtent assurément une grande importance. Un panorama intersectoriel révèle toutefois que leurs contributions sont très hétérogènes et diverses.
- Cette forte hétérogénéité rend pratiquement inutile toute tenta-

tive de développer un modèle d'innovation applicable au secteur entier ou d'identifier une tendance dans l'évolution et la diffusion des innovations de services. Il convient pourtant de réduire quelque peu cette hétérogénéité en constituant des groupes de branches de manière à mieux comprendre les relations complexes entre innovation et productivité dans ce secteur. Il est ainsi possible d'identifier des caractéristiques d'innovation présentant, malgré leur forte hétérogénéité, certains points communs au moins à certaines branches du secteur des services.

- Enfin, l'introduction renvoie aux trois études de cas présentées ultérieurement et à leurs contenus et défis spécifiques : les services (marchands) à forte intensité de savoir (Knowledge Intensive (Business) Services, KI(B)S), le secteur financier et le domaine de la santé. Dans ce contexte, l'accent est placé sur les particularités des différentes innovations.

3.1.1 Position et importance du secteur des services dans l'économie suisse

La part du secteur des services dans la valeur ajoutée brute (VAB) de l'économie suisse a continuellement progressé entre 1995 (68,4 %) et 2017 (73,8 %). Elle est supérieure à la moyenne de l'OCDE, de 70,4 % (OCDE, 2017b). Cette valeur ajoutée se répartit entre des branches très disparates.

Tableau C 3.1: Parts en % de la valeur ajoutée brute en 1995 et 2017, par branches

Secteur économique	Part de la valeur ajoutée brute en %	
	1995	2017
Agriculture, industrie minière	1,6	0,8
Industrie	30,0	25,4
Services	68,4	73,8
Commerce ; entretien et réparation de véhicules automobiles	13,6	14,7
Transport, entreposage, information et communication	8,6	8,4
Hébergement et restauration	2,0	1,7
Activités financières	5,0	4,8
Assurances	4,1	4,5
Immobilier, activités immobilières, scientifiques, techniques et services administratifs	15,3	17,9
Administration publique	10,8	10,7
Enseignement	0,7	0,6
Santé humaine et action sociale	5,7	8,2
Culture, activités récréatives et autres activités de services	2,2	2,0
Activités des ménages en tant qu'employeurs et fabricants de biens pour usage propre	0,4	0,4
Total	100	100

Source : OFS

L'agrégat « secteur des services », qui constitue un très large regroupement de branches, comprend toutes les activités menant à une prestation qui n'est pas un objet physique. La transmission d'un message téléphonique, l'intervention d'un avocat dans le cadre d'une procédure et l'organisation d'un cours sont des services, rémunérés par un prix de marché et qui sont appréciés des consommateurs. La qualité immatérielle, intangible de ces prestations est la caractéristique commune essentielle de tous les services.

La forte hétérogénéité des services se reflète dans la contribution très disparate des différentes branches à la croissance de la productivité du travail. Ainsi, entre 1998 et 2015, les assurances (+0,18 point de pourcentage) ou le commerce de gros (+0,32 point de pourcentage) y ont davantage contribué en moyenne annuelle, alors que d'autres services comme les services de santé (+0,03 point de pourcentage), l'informatique (-0,04 point de pourcentage) ou les services juridiques, comptables et d'ingénierie (-0,06 point de pourcentage) ont une moindre contribution à la valeur ajoutée, quand elle n'est pas négative.¹

Il n'est donc pas opportun de chercher à déterminer un schéma d'innovation commun à toutes les activités de service, car les différences et les changements de conditions, de sources et de processus d'innovation qui les affectent sont par trop marqués.

3.1.2 Services marchands et non marchands

Toutefois, il est possible de réduire quelque peu l'hétérogénéité en répartissant les services en fonction de leur rôle et de l'importance de leur marché respectif. Par exemple, on peut distinguer les services déterminés par le marché et la concurrence, à l'instar des services marchands à forte intensité de savoir (Knowledge Intensive Business Services, KIBS), des services qui ne sont pas ou guère soumis aux forces du marché, mais au contraire fortement régulés, comme c'est le cas dans les domaines de la santé et de la formation. Ces deux groupes évoluent chacun selon des schémas spécifiques. Une telle catégorisation est utile pour comprendre les relations complexes entre innovation et productivité dans le secteur des services ainsi que leur évolution au cours du temps.

Dès le milieu des années 1990, différentes branches du domaine des services ont été davantage exposées à la concurrence et aux forces du marché à la suite de décisions de politique économique. Ces mesures ont nettement dynamisé leur développement. La croissance de leur productivité s'est alors rapprochée de celle des branches phares de l'économie. Les services de télécommunication en sont un exemple. La composition de leurs intrants a subi un bouleversement, l'utilisation de nouvelles technologies augmentant massivement par rapport à l'engagement de main-d'œuvre. Cette augmentation relative a constitué le moteur principal de la

mutation du domaine des télécommunications en une composante dynamique de l'économie. La plupart des services marchands à forte intensité de savoir ont suivi cette tendance. Cependant, des problèmes de mesure de la productivité du travail entravent l'observation effective d'une forte progression attendue de la productivité dans les services soumis à la concurrence et aux forces du marché. De leur côté, les services non marchands présentent une croissance quasi nulle de la productivité et contribuent de ce fait négativement à la croissance moyenne de la productivité de l'économie (p. ex. dans le domaine de la santé).

La présente étude examine, sous l'angle de l'innovation et des mutations structurelles, deux branches déterminées par le marché et la concurrence (les services marchands à forte intensité de savoir et le secteur financier) et une branche qui leur est partiellement soustraite (domaine de la santé). Si ces trois branches présentent toutes d'intenses activités d'innovation et d'importants changements structurels, le conflit entre la preuve de leur activité d'innovation et leur manque de productivité reste considérable. L'analyse approfondie des bases d'un tel puzzle (une forte activité d'innovation associée à une faible productivité) dépasse toutefois largement le cadre de la présente étude, qui se concentre pour l'essentiel sur les activités d'innovation.

3.1.3 Sources et processus d'innovation dans les services

Malgré la forte hétérogénéité des services, certaines caractéristiques des activités d'innovation communes à la plupart des services peuvent être identifiées, en nombre certes réduit. Notons par exemple les caractéristiques suivantes :

- La recherche et développement (R-D) joue un rôle secondaire comme source d'innovation. Dans nombre de branches de services, la R-D n'est pas considérée comme l'élaboration de nouvelles solutions pratiques, elle se limite à mettre de nouveaux instruments à la disposition du prestataire.
- L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) revêt une importance décisive pour la plupart des prestataires. Comme l'injection de capital supplémentaire ne permettait pas par le passé d'accroître la productivité dans les services autant que dans l'industrie, les TIC remplissent actuellement une fonction incomparablement plus importante dans le secteur des services. Mais le succès de ces technologies dépend essentiellement de certains facteurs déterminants, par exemple de la complémentarité des TIC et des processus spécifiques à une branche de services donnée. Le développement et l'adaptation d'une série de biens incorporels (tels que le capital humain, les structures organisationnelles et les modèles d'affaires) sont indispensables pour exploiter pleinement le potentiel de productivité des TIC.
- Dans les services, les innovations comprennent pour une large part de nouveaux modèles d'affaires et se concentrent généralement sur des nouveautés dans les processus et les organisations.
- Du côté de la demande, les acteurs – dont font partie les utilisateurs de l'innovation – jouent un rôle toujours plus important dans le développement et la mise en œuvre des innovations.

¹ Voir OCDE 2017, graphique 1.6 Contribution to productivity growth by sector, within-sector contribution to average growth per annum 1998-2015, p. 73. Stat-Link : <http://dx.doi.org/10.1787/888933621196>.

Cette liste est brève, puisque les divers services diffèrent considérablement l'un de l'autre s'agissant des processus d'innovation, comme nous l'avons déjà évoqué. C'est pourquoi les études de cas sectorielles jouent un rôle important pour appréhender les schémas d'innovation spécifiques à certaines activités comme les services marchands à forte intensité de savoir, les services financiers ou encore les services dans le domaine de la santé. Il reste à examiner (ce sera l'objet de futurs travaux) dans quelle mesure la nouvelle vague de changements technologiques (notamment l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) et l'exploitation d'importants volumes de données) entraînera de profondes modifications des processus d'innovation, de leurs sources, de leurs processus et de leurs effets dans les domaines de services examinés.

3.1.4 Trois études de cas, trois priorités

L'exposé suivant se compose de trois études de cas qui visent à présenter et comprendre les schémas d'innovation observés dans des domaines de services spécifiques. Chacune de ces études de cas se concentre sur une priorité déterminée.

L'étude de cas concernant les services à forte intensité de savoir s'intéresse aux propriétés typiques de leurs innovations et analyse en quoi celles-ci se distinguent du schéma des innovations traditionnelles de l'industrie. Elle examine le rôle spécifique desdits services comme relais et moteurs dans le processus d'innovation de l'économie. Une analyse et une évaluation de l'état et du développement de la propension à l'innovation dans les services à forte intensité de savoir et leurs performances en comparaison internationale permettent de déduire leur contribution à la capacité technologique de la Suisse. La saisie des tendances actuelles et des développements disruptifs liés aux services à forte intensité de savoir doit contribuer à évaluer leur potentiel.

L'exemple de la transformation numérique actuelle et prévisible dans le domaine financier doit servir à saisir et à évaluer le comportement des banques suisses en matière d'innovation. Dans ce cadre, des schémas d'innovation typiques sont identifiés, en particulier en relation avec de nouveaux modèles d'affaires, et la Suisse est positionnée en comparaison internationale. Les facteurs qui concourent particulièrement à l'innovation fructueuse des banques suisses, ainsi qu'à la mise sur pied et au développement d'un écosystème de technique financière, sont examinés de plus près. L'un de ces facteurs est le rôle joué par la législation et par la FINMA, l'autorité de surveillance des marchés financiers, pour favoriser la propension des banques à innover. Les banques suisses sont-elles suffisamment novatrices pour réussir dans la course internationale à la numérisation ? Comment se comportent-elles face aux changements structurels et à la situation de concurrence inédite qui, en raison de la numérisation, permet l'apparition de nouveaux acteurs en provenance du secteur de l'informatique ?

L'étude de cas dans le domaine de la santé met un accent particulier sur le recours à la nouvelle génération des technologies numériques (essentiellement l'apprentissage automatique

et l'analyse de grandes quantités de données) visant à améliorer les processus de fourniture, de prestation et de coordination des services de santé. Cette concentration thématique répond à une motivation évidente : certaines études prédisent que les effets de ces innovations disruptives sur la productivité auront un fort impact dans le domaine de la santé. Toutefois, les conditions de réalisation de ce potentiel sont très exigeantes. Elles requièrent d'être capable d'étendre les connaissances scientifiques fondamentales liées aux données pour les appliquer aux questions de santé. Il est par ailleurs nécessaire que les principales institutions de santé, leurs organisations et leurs acteurs soient capables de mettre en œuvre des solutions numériques de telle sorte que leur efficacité opérationnelle et la qualité des services de santé s'en trouvent améliorés. Dans ce contexte, la modernisation des infrastructures technologiques représente un facteur critique, mais il n'est pas le seul. La formation continue, le développement des compétences, la réorganisation de nombreux processus et l'implication de tous les acteurs concernés (du médecin au patient) dans une nouvelle culture de collecte et de transmission des données cliniques constituent autant de conditions supplémentaires très importantes. C'est pourquoi l'étude de cas se borne à examiner si le système suisse de santé a la volonté et la capacité d'exploiter les avantages apportés par la révolution numérique et quelles sont les éventuelles lacunes.

3.2 L'innovation dans les services à forte intensité de savoir²

3.2.1 Caractérisation des entreprises de services (marchands) à forte intensité de savoir

Le savoir est devenu un facteur de compétitivité déterminant et un moteur de croissance décisif tant dans les services que dans l'industrie. Les entreprises à succès ne produisent et ne vendent plus avant tout des produits physiques, elles saisissent les besoins de leurs clients et résolvent leurs problèmes avec des produits hautement fonctionnels et intelligents. Dans ce cadre, le savoir économiquement exploitable devient le facteur de production le plus important.

Les services à forte intensité de savoir présentent des caractéristiques propres qui les distinguent des autres prestations. Ils sont, dans une large mesure, élaborés interactivement et itérativement en coopération avec les clients, qu'il s'agisse d'entreprises ou de consommateurs finaux. Ils exigent une recherche et un apprentissage communs, ils sont souvent ad hoc et de nature informelle, et ils dépendent aussi beaucoup de l'expertise des collaborateurs. Ce type de services représente une co-crédation ou co-invention au cours d'un processus d'apprentissage cumulatif. Les solutions élaborées, spécifiques au client et taillées sur mesure, ne sont pas ou guère standardisables et reproductibles. Lorsque ces services s'adressent exclusivement à des entreprises (B2B), ils sont désignés comme un sous-ensemble : les services marchands à forte intensité de savoir.

² Le chapitre 3.2 a été rédigé par le professeur émérite Beat Hotz-Hart (Université de Zurich).

La confiance mutuelle entre le prestataire et son client est une importante condition du succès de ce processus. L'intensité de leurs échanges permet au prestataire d'acquérir des connaissances sensibles concernant les affaires de son client, qui exige la confidentialité dans le souci de protéger ses secrets d'affaires. Dans le domaine des services à forte intensité de savoir, plus encore qu'ailleurs, les relations d'affaires fructueuses reposent sur un rapport de confiance entre le prestataire et son client. L'acquisition de la clientèle y passe en effet principalement par les réseaux informels et les contacts personnels.

Sur le plan institutionnel, les services à forte intensité de savoir sont assimilables au groupe de branches des « prestataires modernes ». Il s'agit des banques/assurances et des entreprises actives dans les domaines des technologies de l'information, des médias et des télécommunications. S'y ajoutent les prestataires de services techniques (y compris la R-D) et de services non techniques aux entreprises³ (Spescha & Wörter, 2018).

3.2.2 Services à forte intensité de savoir et innovation

Les prestataires de services à forte intensité de savoir font le lien entre les problématiques de leurs clients et le savoir disponible chez d'autres acteurs ou dans d'autres domaines de l'économie et des hautes écoles. Ils renforcent ainsi la capacité de leurs clients à intégrer les nouveautés, promeuvent le transfert de savoir et de technologie, tout en soutenant le développement technologique et le processus d'innovation en général.

Cependant, les entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir ne se bornent pas à transmettre passivement des connaissances. Elles peuvent aussi générer activement l'innovation, que ce soit comme sources d'innovations, comme initiatrices de transfert et de diffusion de savoir, ou encore comme promotrices de l'innovation. De ce fait, elles font partie de l'infrastructure du savoir de l'économie, représentent un élément constitutif essentiel du système national d'innovation et contribuent à la compétitivité d'une économie à forte intensité de savoir.

Apporter une contribution autonome à l'innovation exige toutefois des entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir qu'elles acquièrent, traitent et développent leurs propres connaissances spécifiques des problèmes et, partant, leur propre processus d'apprentissage. Ces entreprises ne disposent généralement pas d'une division de R-D, elles développent plutôt des innovations dans le cadre de projets spécifiques et pour résoudre des problèmes avec et pour leurs clients (sur le mode de l'apprentissage sur le tas). Celles qui connaissent le succès parviennent, grâce à leur dynamique d'organisations apprenantes, à développer et à adapter leurs connaissances spécialisées et leur expertise spécifiquement aux besoins de leurs clients et en fonction de leur

définition commune du problème à résoudre. À cette fin, des collaborateurs dotés d'esprit d'initiative, responsables, bons communicateurs et forts de leur propre réseau professionnel, ainsi que les équipes correspondantes constituent leurs facteurs quasi uniques, donc essentiels.

Importance majeure pour l'économie des services à forte intensité de savoir

La Suisse compte un nombre important d'entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir. Leur part dans le nombre d'emplois total a continuellement augmenté entre 2008 et 2018, année où elle a atteint 46,4 %, une valeur élevée en comparaison internationale, derrière la Suède (53,8 %), la Grande-Bretagne (49,7 %) ou le Danemark (47,8 %), mais nettement devant l'Allemagne (40,7 %) (voir Eurostat, 2019).⁴

En Suisse, la contribution au PIB de la valeur ajoutée des entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir était également élevée en 2015 (29 %) ; même si elle n'atteignait pas celle relevée aux États-Unis (33 %), en Suède (32 %) et en Grande-Bretagne (34 %), elle devançait les 25 % enregistrés en Allemagne (EFI, 2018). La plus grande part de cette valeur ajoutée revient aux banques, aux assurances et aux services techniques. La part importante prise par les branches à forte intensité de savoir dans la valeur ajoutée de la Suisse témoigne de son importante capacité technologique (EFI, 2018).

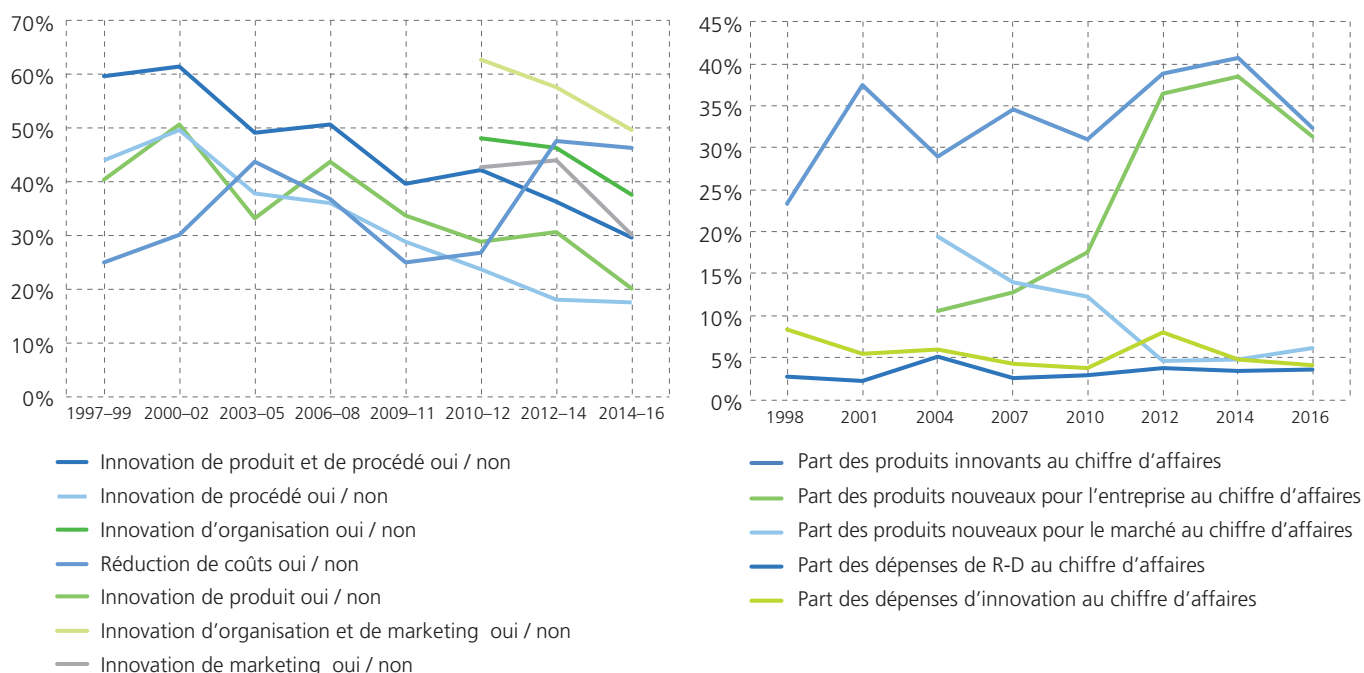
En 2017, la part de l'emploi revendiqué par les entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir était de 46 %, alors que leur contribution à la valeur ajoutée n'était que de 29,2 %. Il faut en conclure que la productivité moyenne du travail dans les services à forte intensité de savoir est nettement inférieure à la moyenne nationale. En outre, la croissance de l'emploi en Suisse dans les branches de services à forte intensité de savoir a été récemment très supérieure à la moyenne. Comme cette augmentation n'est pas allée de pair avec une croissance équivalente de la valeur ajoutée, la productivité du travail a diminué depuis 2007 dans les entreprises de services à forte intensité de savoir (en 2015, elle était légèrement inférieure à son niveau de 2003). La productivité du travail en Suisse est donc largement à la traîne par rapport à l'évolution observée dans les autres pays (Schiersch & Gehrke, 2018).

La balance des paiements technologiques fait aussi apparaître l'importance pour l'économie suisse des entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir. En 2017, la Suisse faisait état d'un excédent d'importations de 44 % pour les services commerciaux et de 27 % pour les services de télécommunication, d'informatique et d'information. Malgré l'importante part à l'emploi, de 46 %, que les services à forte intensité de savoir ont dans notre pays, l'économie suisse adosse ses prestations sur les importations nettes de tels services. Les services

³ Ce groupe correspond à peu près à la branche des services à forte intensité de savoir définie par Eurostat.

⁴ Eurostat 2019, Employment in high- and medium-high technology manufacturing sectors and knowledge-intensive service sectors: <https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsc00011&language=en>.

Graphique C 3.1 : Évolution des indicateurs de l'innovation (en % des entreprises répondantes) : services modernes



Source : Spescha & Wörter, 2018

financiers et les assurances génèrent traditionnellement un excédent d'exportation élevé, qui s'est toutefois massivement réduit depuis 2008, à l'instar de leur contribution à la valeur ajoutée.

Activités d'innovation dans les services à forte intensité de savoir

Entre 2014 et 2016, pour les services à forte intensité de savoir, les indicateurs concernant l'innovation, les parts de chiffre d'affaires obtenues grâce aux produits innovants et les réductions de coûts dues aux innovations sont légèrement à nettement inférieures à ceux de l'économie dans son ensemble (Spescha & Wörter, 2018). Selon les deux dernières enquêtes sur l'innovation dans les branches à forte intensité de savoir, entre 2012 et 2016, les innovations dans le domaine de l'organisation et du marketing (plus de 50 % des entreprises répondantes) étaient à un niveau nettement plus élevé que les innovations de produit et de procédé. Sur le long terme, de 1997 à 2016, tous les types d'activités d'innovation ont nettement diminué dans les services à forte intensité de savoir. Alors que, durant la période préalable (2012–2014), les innovations de produit et de marketing présentaient encore une légère augmentation, presque tous les indicateurs ont une nouvelle fois diminué au cours de la période la plus récente (2014–2016), la baisse étant la plus marquée pour les innovations de marketing. À l'inverse, les innovations visant à réduire les coûts ont nettement progressé après la crise financière.

La part des produits innovants au chiffre d'affaires s'est bien maintenue, à un niveau peu élevé il est vrai. Cependant, elle a sensiblement baissé entre 2014 et 2016. Il est frappant de constater à

quel point la part au chiffre d'affaires des produits innovants nouveaux pour l'entreprise a augmenté, tandis que celle des produits nouveaux pour le marché diminuait nettement. Cette évolution indique que les prestataires modernes actifs en Suisse sont de plus en plus des suiveurs et non plus des pionniers. Quant à la part au chiffre d'affaires des dépenses d'innovation et de R-D, elle est restée relativement constante à un bas niveau.

En résumé, on observe sur le marché suisse une baisse de la dynamique d'innovation des entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir, couplée à un renforcement des innovations visant à réduire les coûts et un comportement de suiveur. La contribution desdites entreprises à la capacité d'innovation et, dans la foulée, à la compétitivité de l'économie a probablement baissé. Selon Spescha & Wörter (2018), la propension à innover a généralement baissé en Suisse.

Une ventilation par branches montre que, parmi les entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir, la propension à innover est surtout élevée dans les domaines de la technologie de l'information, des services techniques et non techniques ainsi que dans le domaine des banques et des assurances.

Activités d'innovation dans trois branches à forte intensité de savoir

Pour des raisons de représentativité du relevé, une analyse différenciée des services à forte intensité de savoir n'a pu être réalisée que pour les trois domaines des banques/assurances, des services techniques (y compris la R-D) et des services non techniques :

- Intrants (ressources) de l'innovation : si, entre 2012 et 2014, jusqu'à 20 % des entreprises innovantes actives dans les services techniques et non techniques ont affirmé consentir des efforts de R-D, elles étaient beaucoup moins nombreuses dans ce cas entre 2014 et 2016 dans les deux catégories. En comparaison, les banques et les assurances ont affirmé faire plus d'efforts de R-D pour les mêmes périodes. Les dépenses de R-D exprimées en pourcentage du chiffre d'affaires ont également massivement diminué dans les services techniques, tout comme les dépenses d'innovation par rapport au chiffre d'affaires dans le secteur des banques et des assurances. Entre 2012 et 2016, on observe une nette réduction des ressources mobilisées pour l'innovation dans les entreprises examinées des services à forte intensité de savoir.
- Extrants (résultats) de l'innovation : au sein des trois branches considérées, le niveau de l'ensemble des types d'innovation est clairement le plus élevé dans le secteur des banques/assurances. Quant aux types d'innovation, les innovations d'organisation et de marketing atteignent le plus haut niveau dans les trois branches, les innovations de produit et de procédé étant à un niveau nettement inférieur. La comparaison des deux périodes, 2012–2014 et 2014–2016, débouche sur un constat en majeure partie négatif. Si les innovations de produit et de procédé ont légèrement augmenté dans le secteur des banques et des assurances, les innovations d'organisation et de marketing ont diminué. Dans les services techniques et non techniques, toutes les catégories d'innovation sont en recul à une seule exception près (cette baisse est même très nette pour les innovations de produit, d'organisation et de marketing). La tendance plutôt négative des valeurs agrégées se confirme.

La forte propension à innover des prestataires de services techniques et non techniques est frappante s'agissant de réduction des coûts. La part au chiffre d'affaires des produits innovants et des produits nouveaux pour l'entreprise a nettement baissé pour les trois branches considérées.

En résumé, une baisse tant des intrants que des résultats est observable dans presque toutes les catégories d'innovation relevées des trois branches de services à forte intensité de savoir. Leur contribution à la compétitivité de la Suisse devrait donc aussi présenter une tendance baissière.

Comparaisons internationales et positionnement de la Suisse

Comparée à ses importants concurrents européens pour la période 2012–2014 dans un large segment de services à forte intensité de savoir, la Suisse fait bonne ou très bonne figure. Son classement n'est moins bon que pour la part des entreprises faisant état d'innovations de procédé (Eurostat, 2018, Enquête communautaire sur l'innovation ECI). La Suisse obtient également de bons résultats dans le cadre d'un examen plus large du système réalisé en 2015 par le Centre européen d'innovation des services (ESIC). Par rapport aux autres pays, ses forces résident dans les indicateurs « Service Innovation Input » (intrants de l'innovation des services), « Knowledge Development and Transfer » (développement de connaissances et transfert) et « Innovation and Bu-

ness Model Generation » (génération de modèle d'innovation et d'affaire). Notre pays présente de nettes faiblesses en ce qui concerne les indicateurs « Wider Framework Conditions » (conditions-cadre élargies) et « Collaboration and Networking » (collaboration et mise en réseau). En comparaison internationale, la Suisse présente aussi, selon Eurostat pour 2014 et le tableau de bord européen de l'innovation pour 2017, des valeurs relativement faibles pour divers types de coopération de PME innovantes.⁵ Ces valeurs ont encore nettement empiré entre 2010 et 2017 par rapport à la moyenne de l'UE. Il se peut que le réseautage informel soit plus important en Suisse que les statistiques ne le font apparaître, mais cette observation doit être appréciée d'un œil d'autant plus critique que la coopération avec les partenaires et les réseaux revêt une importance cruciale pour soutenir les activités d'innovation des PME innovantes. À cet égard, le niveau de coopération entre les institutions publiques et privées est très bon en Suisse.

Toute positive que la comparaison avec leurs importantes concurrentes européennes puisse apparaître, les entreprises suisses prestataires de services à forte intensité de savoir enregistrent une baisse des intrants et des résultats d'activités d'innovation sur le long terme. Alors que la situation se péjore pour la Suisse, celle d'autres pays s'est continuellement améliorée (Arvanitis et al., 2017a). Cette observation est encore plus nette si l'on compare la Suisse avec des régions d'innovation comparables (voir partie B, chapitre 13). S'agissant des activités d'innovation, on assiste à une convergence avec d'autres pays et donc à une perte claire de compétitivité relative pour la Suisse.

3.2.3 Les services marchands à forte intensité de savoir, moteur de l'innovation et composante d'un système apprenant

Les interconnexions entre les hautes écoles, les services à forte intensité de savoir et les entreprises à forte valeur ajoutée de l'industrie et des services sont essentielles au succès d'une place économique comme la Suisse. L'analyse des grappes technologiques le montre notamment, en particulier pour les espaces urbains. C'est ainsi que l'on observe dans différentes régions d'Europe une spécialisation parallèle dans les services marchands à forte intensité de savoir et dans la haute et moyenne-haute technologie de l'industrie manufacturière (Corrocher & Cusmano, 2014). Il faudrait examiner plus précisément si un secteur de production exigeant entraîne l'établissement d'un solide secteur de services marchands à forte intensité de savoir dont il couvrira les besoins. En tout cas, il a été démontré empiriquement que les systèmes d'innovation régionaux à haut revenu des services et à forte intensité de savoir sont généralement dotés d'une infrastructure de R-D publique performante. Les études de Backes-Gellner & Pfister 2019 et de Lehnert et al. 2017 le montrent : le nombre d'innovations (mesuré au nombre de brevets) a augmen-

⁵ Une explication pourrait résider dans le fait que l'enquête Eurostat/ECI couvre les entreprises d'au moins dix employés et celle du KOF, cinq employés.

té dans les régions de la Suisse où une haute école spécialisée a été fondée. Il faut en déduire que les réseaux publics établis d'échange de savoirs d'une région, qui reposent typiquement sur les hautes écoles et les centres de recherche publics, constituent un environnement fertile pour les services privés axés sur la connaissance.

3.2.4 Tendances et développements disruptifs

À l'instar de presque toutes les entreprises, celles actives dans le secteur des services à forte intensité de savoir doivent relever les défis posés par les technologies numériques. Il s'agit essentiellement de fidéliser la clientèle par des offres de prestations intelligentes, d'assurer le suivi des services fournis et, d'une manière générale, d'assumer des interactions spécifiques avec les clients et les partenaires. Les capacités propres de l'entreprise lui permettant d'apprendre et de développer ses propres compétences sont particulièrement importantes (transformation numérique des modèles d'affaires).

Les thématiques liées aux modèles d'affaires numériques concernant les services à forte intensité de savoir sont par exemple les suivantes : banques de données répertoriant les problèmes et dotées d'une gestion structurée des connaissances allant jusqu'aux systèmes d'aide intelligents ; services intelligents fondés sur les données pour accompagner, coacher ou surveiller par exemple les patients conformément aux besoins et à la situation spécifique ; technologies de Cloud (nuage) et services allant jusqu'à l'Internet des objets qui permet d'héberger ce type de services, etc. (Greff et al., 2018).

Le renforcement du rôle proactif des demandeurs, qu'il s'agisse d'entreprises (B2B) ou de consommateurs (B2C), associé à une transparence accrue du marché, constitue un élément nouveau. Dans le cadre du développement de l'univers des services intelligents, certains fournisseurs perdent du terrain dans le domaine des produits et services finis, tandis que les demandeurs et leurs besoins gagnent en importance (Acatech, 2018). Dotés d'équipements numériques, ceux-ci attendent des paquets de produits, de services et d'expériences clients taillés sur mesure. Ils attendent d'être servis, en fonction de leurs besoins spécifiques, 24 heures sur 24, à court terme, voire à l'avance, par tous les canaux et en tout endroit. Cette concentration sur le client est disruptive, car elle rend obsolètes les modèles d'affaires établis.

De plus en plus, les plateformes de services présentent les problématiques en quête de solutions. Les offreurs mis en concurrence proposent leurs projets et peuvent s'associer de cas en cas pour réaliser leurs idées avec l'appui du grand nombre (voir soutien participatif ou crowd-supporting). Un marché virtuel se constitue. Les plateformes donnent en particulier aux petites et moyennes entreprises une chance de proposer leurs services intelligents, de les combiner avec les prestations de tiers pour former une solution groupée et de gagner ainsi en compétitivité.

Cette évolution débouche sur une nouvelle organisation des chaînes de production de valeur et des marchés. Ce genre de tendance est disruptif dans la mesure où les entreprises prestataires de services à forte intensité de savoir s'approprient des parts importantes de la valeur ajoutée, qu'elles reprennent tout un domaine d'affaires aux clients initiaux et, à l'extrême, qu'elles évincent ces clients du marché. Les prémisses de ce potentiel disruptif apparaissent notamment dans la perspective des stratégies d'affaires des grandes entreprises informatiques. Fortes de leurs services personnalisés, des entreprises américaines et chinoises comme Microsoft, Apple, Google, Amazon, Alibaba, Baidu ou encore Tencent pénètrent dans des branches toujours plus nombreuses. Leur seul avantage réside dans les données et profils de clients obtenus au fil de leurs interactions répétées avec ceux-ci à l'échelle mondiale. Cette évolution va de pair avec une répartition radicalement nouvelle de la valeur ajoutée entre les participants au marché. Le plus compétitif est celui qui contrôle les modèles d'affaires transformés numériquement et sait en tirer le meilleur bénéfice économique.

3.3 Comportement des banques en matière d'innovation : l'exemple de la technologie financière⁶

Environ 300 banques et négociants en valeurs mobilières sont actuellement actifs sur la place bancaire suisse. Près de 260 instituts, soit 85 %, sont des petites banques ou des microbanques. Outre les deux acteurs globaux que sont les grandes banques UBS et CS, on dénombre une multitude de banques cantonales et régionales, de banques privées et de filiales de banques étrangères. Selon le domaine d'affaires, des jeunes pousses (start-up) de la FinTech (technologie financière) sont récemment venues s'y ajouter. Elles étaient déjà 316 en février 2019.⁷ Cette grande diversité présente de nombreux avantages : une disponibilité élevée des prestations bancaires professionnelles, l'étroite proximité de la clientèle, la satisfaction des besoins les plus divers de la clientèle et une bonne connaissance des conditions régionales. Le droit des marchés financiers en constitue le cadre réglementaire. La FINMA est responsable de la surveillance.

En raison de l'abandon du secret bancaire et fiscal dans les affaires transfrontalières de gestion de fortune, couplé à l'obligation d'informer désormais en vigueur, le secteur bancaire suisse est contraint de modifier radicalement son modèle d'affaires. Il en résulte une baisse dramatique de la valeur ajoutée et donc une diminution de l'apport des services financiers (hormis les assurances) au PIB global de l'économie : de 8,5 % en 2007 à 4,7 % en 2016. En même temps, les parts respectives de la valeur ajoutée brute des différentes catégories dans le domaine des services financiers et des banques se sont massivement déplacées entre 1995 et 2016 : de 95,7 % à 76,9 % pour le sec-

⁶ Le chapitre 3.3 a été rédigé par le professeur émérite Beat Hotz-Hart (Université de Zurich).

⁷ www.swissfinancestartups.com

teur partiel des banques et de 4,3% à 23,1% pour les activités liées aux services financiers sans les assurances.⁸ De nouveaux types de prestations financières gagnent massivement en importance.

La notion de technologie financière (FinTech) couvre en l'occurrence un large éventail d'innovations très différentes du secteur financier rendues possibles par la numérisation. Citons notamment : l'analyse des données massives (big data), la technologie de régulation, la gestion financière personnelle, la gestion automatisée d'actifs et d'investissements, le financement participatif, les contrats intelligents et la cybersécurité. Le développement technologique dans ces domaines, associé à de nombreuses possibilités d'application inédites, est un moteur essentiel de l'innovation dans le secteur financier.

D'une part, les banques établies ont commencé à intégrer ces nouveaux développements. D'autre part, des personnalités et des équipes créatives ont saisi les possibilités qu'ils offraient et créé des entreprises dans le domaine de la FinTech. Au sein de la place économique suisse, un secteur de jeunes pousses vivant et dynamique, un véritable biotope de FinTech en est issu.

3.3.1 Comportement des banques suisses en matière d'innovation

a. Propension à l'innovation s'agissant de numérisation

Satisfaire les attentes du client est le principal moteur de la stratégie numérique des banques à l'échelle mondiale, selon l'enquête GFT menée en 2017 auprès des banques de détail de huit pays (GFT-Group, 2017), devant certains aspects financiers liés à l'augmentation du chiffre d'affaires et à la réduction des coûts d'exploitation. L'enquête a montré que les principaux moteurs étaient les mêmes en Suisse, même si la réduction des coûts d'exploitation y figure en première position.

Le résultat des diverses enquêtes mentionnées dans les sections suivantes peut se résumer comme suit : les banques suisses classiques établies (hormis les grandes banques) sont sur le point d'utiliser peu à peu la FinTech, mais très sélectivement. Il s'agit prioritairement pour elles d'améliorer leur efficacité et de réduire les coûts, elles ne cherchent guère – ou à titre secondaire seulement – à exploiter de nouveaux secteurs d'activité. En ce qui concerne les innovations liées à la FinTech, une majorité de banques suisses sont réactives et tendent à faire preuve d'une certaine aversion au risque. Leur comportement est conservateur et leur propension à l'innovation est faible. Ces acteurs s'auto-qualifient de suiveurs intelligents (smart followers). Or, ce positionnement suppose un

bon savoir-faire en interne, condition qui n'est pas remplie chez tous. Selon l'enquête menée auprès des banques cantonales et régionales, seules 48 % d'entre elles avaient une stratégie de numérisation en 2016, contre 78,6 % déjà un an plus tard (Zern & Partner, 2017). Cependant, 37,9 % des répondants font savoir dans la même enquête que la numérisation est sans importance pour leur institut. Dans le cadre de l'enquête GFT, 73 % des répondants établis en Suisse affirment se trouver en phase de développement d'une stratégie numérique. Une comparaison de 2017 avec huit pays⁹ selon les deux dimensions « phase d'élaboration d'une stratégie de numérisation » et « utilisation de l'intelligence artificielle », place la Suisse et l'Allemagne clairement à la dernière place (GTF-Group, 2017).

L'étude du Swiss Finance Institute (SFI) aboutit pour 2018 à une conclusion un peu plus positive : les banques suisses auraient même de l'avance sur leurs concurrentes européennes sous l'angle de la stratégie. Cette étude relève du retard et donc un grand potentiel d'amélioration en ce qui concerne l'accessibilité en ligne des produits bancaires, le degré de numérisation des processus, l'agilité des formes d'organisation et les leaders numériques. L'attitude attentiste observée comporte aussi des avantages, comme la possibilité d'apprendre des erreurs d'autrui. Il n'en demeure pas moins que le timing est essentiel, qu'il faut trouver le bon moment pour procéder à la mise en œuvre et que l'on peut arriver trop tard (sfi & zeb, 2019).

S'agissant des principales applications futures, les banques de la place financière zurichoise établissent les priorités suivantes (par ordre d'importance décroissant) : technologies, analyse des données massives, gestion financière personnelle et robot-conseil (canton de Zurich / BAK, 2016). Par domaines d'affaires, les priorités se présentent comme suit : trafic des paiements et banque de détail. Du point de vue de la politique commerciale, les solutions numériques innovantes dans ces domaines sont souvent complémentaires d'autres domaines. Elles doivent contribuer substantiellement à la fidélisation de la clientèle et au soin de l'image tout en permettant des affaires subséquentes.

b. Schéma d'innovation typique

En Suisse, il est très compliqué pour les plus de 300 jeunes pousses du domaine FinTech ou pour une banque établie agissant seule d'assurer le succès durable de leurs innovations. Hormis les grandes banques, il n'y a guère en Suisse de prestataire de services financiers capable de trouver et de mettre en œuvre seul les réponses aux défis posés par la transformation numérique. Aux difficultés d'accès au marché et aux clients s'ajoutent des problèmes de mise à l'échelle, l'extensibilité étant généralement l'un des principaux facteurs de succès des offres numériques. Or, celle-ci est limitée en raison de la petite taille et de la fragmentation du marché suisse. De plus, un savoir-faire spécialisé doit être disponible en interne et les coûts d'investissement et d'exploitation liés à la transformation numérique sont importants. La coopération entre les banques

⁸ Cette subdivision comprend la prestation des services étroitement liés aux instituts de crédit, sans toutefois inclure ces derniers. En font notamment partie la mise à disposition de marchés physiques et électroniques visant à faciliter le négoce de produits financiers (pour une large part NOGA 66). Dans le sous-secteur des banques, la part des grandes banques a chuté de 47,4% à 27,2%, tandis que la part des « autres banques » (banques en mains étrangères et banques boursières) augmentait de 28,9% à 37,9%.

⁹ Suisse, Grande-Bretagne, États-Unis, Espagne, Brésil, Mexique, Allemagne et Italie.

ou entre les entreprises FinTech et les banques établies s'impose comme un modèle d'innovation commercialement fructueux.

L'innovation par la coopération

Selon un rapport de PwC (2017a), plus de la moitié des établissements financiers en Suisse sont actuellement engagés dans une coopération avec des entreprises FinTech et plus de 80% d'entre eux prévoient de développer leurs partenariats ces trois à cinq prochaines années. Tel est le cas par exemple d'UBS, engagée dans diverses coopérations stratégiques avec des jeunes pousses de la FinTech, ou d'Hypo Bank Lenzburg, dont la plateforme « tech » réunit plusieurs partenaires FinTech. Le Groupe Aduno fournit un exemple positif de coopération numérique entre des banques établies. Les banques cantonales, le groupe Raiffeisen, diverses banques régionales, la Banque Migros et la Banque Cler (anciennement Banque Coop) y participent. Cette coopération comprend l'éventail complet des paiements sans numéraire : paiements, crédit à la consommation et analyse des données. Dans le trafic des paiements, TWINT constitue un cas d'école important, car il fait apparaître les difficultés et les revers d'une solution basée sur la coopération. En 2018, on ne relève aucune coopération systématique entre les banques cantonales en matière de numérisation (sfi & zeb, 2019). Des associations de branche tentent actuellement aussi de trouver des solutions communes dans la mouvance de la numérisation. C'est le cas de l'Association suisse des banquiers (ASB) ou de Swiss FinTech Innovations, en vue par exemple d'instaurer une interface API comme standard de la branche pour la place financière suisse. Selon l'étude de sfi & zeb, il apparaît clairement que la force d'innovation des banques est nettement corrélée à leur volonté de coopérer. Des schémas corporatifs plus marqués, s'agissant de financement et/ou de procédure, apparaissent par exemple avec la FINMA¹⁰ (pour la réglementation) ou SIX (pour le trafic des paiements, la détention de titres, etc.).

Les besoins actuels et la pression des problèmes sont des facteurs propices aux schémas coopératifs et corporatifs. Les autres facteurs sont notamment l'exiguïté du territoire suisse, la qualité du réseau au sein de la branche et l'aptitude au consensus et au compromis. D'autres schémas typiquement suisses présentent un potentiel pour résoudre d'autres défis du secteur bancaire, par exemple de cas en cas dans le domaine du back-office, s'agissant des standards pour les systèmes bancaires ouverts ou pour le négoce de devises numériques.

Les modèles d'affaires portés par les technologies des entreprises FinTech se sont développés davantage vers les redevances et les logiciels comme services (software as a service, SaaS). Ces acteurs opèrent donc en dehors des activités centrales

de la banque, ils ne constituent pas une concurrence directe pour elle, mais plutôt des fournisseurs de solutions novatrices et apparaissent donc complémentaires des banques établies.

Il y a lieu de supposer qu'une majorité de jeunes pousses FinTech recherche une coopération stable avec les banques établies et que certaines d'entre elles se montrent par ailleurs disposées à vendre tôt ou tard l'entreprise mise sur pied à une banque établie si une bonne occasion se présente. Peu d'entre elles pourront garantir leur indépendance sur le long terme en réalisant l'objectif d'atteindre le succès par la croissance du chiffre d'affaires. Cette situation s'explique vraisemblablement par les difficultés des jeunes pousses FinTech à réussir en Suisse, en raison notamment des possibilités de commercialisation limitées dues, entre autres, à l'exiguïté du marché suisse, aux difficultés liées à l'internationalisation et donc aux limites imposées à l'extension de leurs services.

Après avoir traversé une phase initiale de scepticisme, les banques établies coopèrent toujours plus intensivement avec les jeunes pousses FinTech : les entreprises FinTech ont la force novatrice, tandis que les banques ont le portefeuille de clients, le savoir-faire financier et une licence bancaire. Elles se complètent donc fort bien.

Diverses formes de coopération se développent. Si les banques poursuivent cette politique commerciale systématiquement, elles se développeront en une plateforme (la plateforme bancaire, bank as a platform, BaaP). Les entreprises FinTech coopèrent avec un fournisseur de plateforme bancaire pour compléter son modèle d'affaires. Cette coopération peut couvrir les robots-conseils, les marchés des prêts, les fournisseurs de services de paiement (entre pairs), les plateformes de placement à terme ou d'autres processus opérationnels de jeunes pousses requérant une licence bancaire. Dans ce contexte, les entreprises FinTech assument généralement les risques entrepreneuriaux. Cette stratégie de différenciation des services spécialisés induit de plus en plus une fragmentation de la chaîne de production de valeur dans sa verticalité, qui se retrouve aux mains d'un seul acteur. Certaines phases sont reprises par des unités spécialisées en la matière.

Selon l'enquête GFT 2017 auprès des banques, déjà mentionnée, le concept de la plateforme bancaire n'en est qu'à ses débuts. Dans les huit pays couverts par cette enquête, 17 % des banques qui ont répondu ont commencé à mettre en œuvre une stratégie de plateforme bancaire, alors que 45 % d'entre elles ont défini leur stratégie de plateforme bancaire ou la développent actuellement. La Grande-Bretagne et l'Espagne sont à la pointe de la mise en place des plateformes bancaires. En Allemagne et en Suisse, presque toutes les banques qui ont pris part à l'enquête font savoir qu'elles envisagent de mettre en œuvre une stratégie de plateforme bancaire à l'avenir. En Suisse toutefois, seuls 3 % des répondants mentionnent avoir défini une stratégie de plateforme bancaire et commencé sa mise en œuvre, contre 33 % en Grande-Bretagne et 31 % en Espagne.

¹⁰ Les coûts de la FINMA sont couverts par les émoluments et les taxes versés par les assujettis. La FINMA répartit les coûts structurels entre les domaines de surveillance proportionnellement aux coûts qui leur sont directement imputés. Les émoluments sont perçus individuellement, conformément au principe de causalité, auprès de chaque assujetté. Voir ordonnance sur les émoluments et les taxes de la FINMA du 15 octobre 2008.

Si l'on combine la phase de la stratégie de plateforme bancaire avec l'indicateur du degré de développement de la transformation numérique, les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Espagne sont en tête. Les grands établissements sont également plus avancés dans la combinaison de ces dimensions. Les banques suisses qui ont répondu présentent un faible degré de développement à cet égard et se classent devant l'Italie en avant-dernière position des huit pays examinés (Groupe GFT, 2017).

L'innovation par les développements en interne

Parallèlement aux coopérations, les développements en interne constituent un schéma d'innovation typique. Les banques de grande taille, surtout, mais aussi certaines banques de taille moyenne sont actives dans les deux domaines (la coopération avec des entreprises FinTech et le développement en interne). Fortes de leurs ressources et de leurs capacités, elles peuvent aborder elles-mêmes largement la thématique de la numérisation et réaliser des projets numériques. L'UBS, par exemple, observe le développement des idées FinTech et elle en évalue régulièrement le potentiel. Dans les cas intéressants, elle s'engage dans une coopération stratégique avec les entreprises FinTech identifiées, tout en leur laissant généralement leur autonomie, et considère cette situation comme gagnant-gagnant. À l'interne, UBS dispose d'un réseau mondial dans le domaine FinTech / chaîne de blocs / cryptomonnaie, où elle déploie ses propres activités à Londres, Singapour (EVOLVE – UBS Centre for Design Thinking & Innovation), San Francisco et Tel-Aviv. Au sein du groupe, les échanges et la coordination entre ces unités et la direction de la banque sont assurés. Quant au CS, il entend trouver des solutions évolutives pour lever les défis technologiques actuels et futurs grâce à son Credit Suisse Lab dans la Silicon Valley.

Les entretiens conduits avec les représentants de la branche dans le cadre de la présente étude donnent l'impression qu'au moment de lancer et de diffuser des nouveautés en technologie financière, les banques procèdent de manière moins systématique que les entreprises industrielles. Elles adoptent plutôt une approche évolutive en progressant pas à pas, c'est-à-dire en développant graduellement de nouveaux services. Dans ce cadre, elles observent les réactions de leurs clients, analysent la fréquence de leur utilisation des divers services et tiennent compte des feedbacks. Elles procèdent ainsi à tâtons dans la réalisation d'une innovation en combinant les essais et les erreurs. En cas de succès, le transfert d'une nouveauté d'un domaine d'affaires à un autre se fait de manière échelonnée. Le processus d'innovation FIRE, dont il a été question lors du Finovate Spring 2018 de la Silicon Valley, ressemble beaucoup à ce processus, puisqu'il se caractérise par sa rapidité, son itérativité et sa réactivité aux données (non aux opinions) et aux expérimentations («Fast, Iterative, Responsive on data (not Opinions) and Experiments»).

3.3.2 L'écosystème suisse de l'innovation FinTech

Que les innovations soient élaborées et mises en œuvre en interne ou dans le cadre de coopérations, elles supposent une scène FinTech créative et performante, c'est-à-dire un écosystème de l'in-

novation. Un tel écosystème comprend l'accès aux talents et aux connaissances spécialisées, la disponibilité des ressources financières, la proximité des clients et, partant, des effets de réseau positifs. Il prend la forme d'un système dynamique et coopératif d'entreprises et de compétences composé de jeunes pousses FinTech, d'investisseurs, de financiers, d'entreprises de services comme les banques, les universités ainsi que de spécialistes compétents et expérimentés comme des développeurs de logiciels notamment susceptibles d'assumer des fonctions d'accompagnement. Simultanément, l'environnement doit être lui aussi propice aux innovations, avec notamment une réglementation appropriée, des autorités tournées vers les solutions et une culture favorable à l'innovation au sein des entreprises et de la société en général.

À l'appui de son inventaire complet du marché suisse de la FinTech, l'étude FinTech menée en 2018 par l'IFZ (Institut für Finanzdienstleistungen) de la Haute école de Lucerne parvient à la conclusion que la Suisse, en particulier la grande région de Zurich-Zoug, s'est développée en quelques années en un centre FinTech leader à l'échelle mondiale, avec en particulier des entreprises actives dans le domaine de la chaîne de blocs et des cryptodevises.

Une étude de E&Y (2016) analyse, selon quatre dimensions (talents, capital, politique/réglementation et demande), des écosystèmes FinTech leaders à l'échelle mondiale qui sont établis en Grande-Bretagne, en Californie, à New York, à Singapour, en Allemagne, en Australie et à Hong Kong. Bien que cette étude n'ait pas la Suisse pour objet, son appréciation de la position de notre pays par rapport aux sites examinés apparaît beaucoup plus sceptique que le rapport IFZ de 2018. La Suisse devrait effectivement disposer d'atouts appréciables dans la phase précoce du développement de la technologie financière. Mais durant les phases de croissance, d'expansion et de maturité des applications FinTech, la place suisse sera confrontée à de sérieux problèmes liés à la taille réduite de la demande (mobilisation des utilisateurs et limites à l'extension). Les ressources limitées en capital humain et donc le nombre des talents constituent un aspect critique. Les réglementations encore ouvertes qui devront être adoptées à l'avenir représentent une opportunité. En définitive, rentabiliser une innovation FinTech à partir de la Suisse ne devrait être possible, selon le domaine d'activité, qu'en se concentrant sur des niches, en coopérant avec des partenaires (p. ex. l'élargissement de l'échelle avec le concours d'une grande banque) ou en procédant à une internationalisation sur une base autonome. Dans tous les domaines envisagés, les possibilités d'internationalisation sont cruciales.

3.3.3 Réglementation et innovation dans le domaine financier

En Suisse, le droit des marchés financiers repose pour l'heure sur la loi sur les banques, la loi sur l'infrastructure des marchés financiers, le droit sur la surveillance des assurances, les futures lois sur

les établissements financiers, respectivement sur les services financiers ainsi que la loi sur le blanchiment d'argent. En ce qui concerne les modèles d'affaires dans le domaine des technologies financières, il est essentiel d'examiner si et sous quelle forme l'activité prévue est soumise à la législation régissant les marchés financiers. Il faut par exemple déterminer s'il s'agit d'une activité bancaire soumise à autorisation, laquelle exigerait une licence bancaire, et si une telle licence peut être accordée. La FINMA conduit les procédures d'autorisation et constitue l'organe de surveillance. Elle a mis sur pied un FinTech Desk dont la fonction est notamment d'aider les entreprises à répondre à ces questions. Conformément à son objectif stratégique de promouvoir l'innovation, la FINMA se montre très ouverte à l'égard des innovations de la technologie financière et de sa dynamique.

Au cœur de sa politique, le législateur suisse prévoit une régulation basée sur des principes, neutre sur le plan technologique et des modèles d'affaires, contrairement à un dispositif basé sur des règles. En d'autres termes, le résultat est déterminant s'agissant de qualifier ou de classer une prestation de service ou une entreprise dans le droit des marchés financiers. Les intéressés peuvent choisir eux-mêmes, dans une certaine mesure, les modalités précises pour atteindre ce résultat. Ils disposent donc d'une marge d'interprétation. De plus, outre la régulation ordinaire, le législateur permet expressément une autorégulation. Des associations de branche, comme l'Association suisse des banquiers (ASB), édictent leurs propres dispositions obligatoires pour leurs membres, dont certaines sont reconnues par la FINMA comme normes minimales. La place financière suisse jouit ainsi d'une grande flexibilité, ce qui lui permet, dans certaines conditions, de procéder aux réformes (notamment en lien avec la FinTech) plus rapidement que d'autres pays.

Le système financier suisse doit permettre d'essayer et de tester. À cet effet, le législateur et la FINMA, dans le cadre de ses compétences, sont disposés à prendre, c'est-à-dire à autoriser certains risques et à laisser mûrir les nouveautés du marché pour subsumer ultérieurement les expériences faites dans une réglementation. Pour illustrer notre propos, citons le projet FinTech du Conseil fédéral¹¹ qui prolonge le délai de conservation applicable aux comptes d'exécution et qui instaure un espace favorisant l'innovation (sandbox¹²) et une licence FinTech distincte. Fondamentalement, dans ce contexte, la transparence est exigée. Toutefois, l'utilisateur de FinTech doit en définitive décider lui-même s'il entend ou non s'ouvrir à de telles affaires. Les forces du marché et les besoins des clients – non pas les conditions réglementaires cadres – doivent décider du succès ou de l'échec des divers modèles d'affaires.

La FINMA n'a pas pour mandat d'encourager directement la compétitivité ou les innovations (FinTech) du secteur financier ; ce en cohérence avec les règles de base de la politique économique suisse. L'autorité de surveillance financière britannique (Financial Conduct Authority, FCA), par exemple, va beaucoup plus loin, puisqu'elle assure l'encouragement proactif de la FinTech. Elle reçoit le mandat explicite de promouvoir la compétitivité et exploite un incubateur. En Grande-Bretagne, les candidats peuvent annoncer leur intérêt pour une sandbox. Ils sont ensuite sélectionnés, par exemple en fonction des contenus novateurs de leurs propositions. Lorsqu'un projet est accepté, la FCA assure son accompagnement et le conseil jusqu'à ce qu'il passe dans une catégorie supérieure soumise à une autorisation obligatoire ou qu'il soit abandonné. De manière similaire, à Hong Kong, la commission en charge des opérations sur titres et des opérations à terme (Securities and Futures Commission, SFC) pratique une approche descendante dans l'esprit d'une politique industrielle. On trouve aussi des incubateurs de FinTech sur la place financière suisse. Mais ils sont financés et soutenus par des privés (p. ex. des banques et des assurances), à l'instar de l'incubateur et accélérateur de FinTech suisse F10. En outre, les deux grandes banques participent à de semblables programmes régionaux d'accélérateurs au niveau mondial, par exemple à New York et à Londres.

En Suisse, l'espace favorisant l'innovation (sandbox) est un domaine franc qui échappe aux dispositions de la législation sur les banques jusqu'à un plafond d'un million de francs, sous réserve toutefois que les règles visant à empêcher le blanchiment d'argent et le financement du terrorisme soient intégralement respectées. Certains projets et modèles d'affaires peuvent être soumis dans ce cadre à un véritable « test grandeur nature ». Ces projets ne doivent pas être annoncés à la FINMA, raison pour laquelle celle-ci ne sait pas si des projets sont en cours ni quel est leur nombre. Désormais (depuis 2019), les projets dépassant un million de francs peuvent accepter des fonds jusqu'à concurrence de 100 millions de francs moyennant une licence FinTech « légère », sans licence bancaire complète, à des conditions réglementaires facilitées. Selon les informations transmises par la FINMA, les premières demandes ont été déposées, non seulement par de nouvelles entreprises FinTech, mais aussi par des banques établies, ce qui signifie que la concurrence se développe.

S'agissant des externalisations et du recours à la technologie de Cloud, la FINMA a énoncé dans sa circulaire 2018/3 « Outsourcing – banques et assureurs » des critères permettant de distinguer les activités commerciales essentielles de celles qui ne le sont pas. De cette distinction ressortent les exigences posées aux externalisations de fonctions essentielles. Certaines prestations centrales ne peuvent pas être externalisées. Même si elles ne sont pas nombreuses en définitive, des limites sont donc fixées.

Le droit actuel des marchés financiers ouvre des opportunités pour les innovations de la technologie financière. Mais diverses questions restent ouvertes, qu'il conviendra de réglementer tôt ou tard. Il s'agit notamment du risque de faire des erreurs.

¹¹ www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqués.msg-id-67436.html.

¹² On entend par « sandbox » un espace protégé permettant de développer et de tester des innovations sans la contrainte de la réglementation usuelle.

Par exemple, la question de l'application de la blockchain est ouverte. En raison de la décentralisation inhérente à la conception de la chaîne de blocs, personne n'est responsable. Or cette situation n'est pas fonctionnelle pour une concurrence réglementée.¹³

Selon la FINMA, le principal risque lié à la numérisation relève de la cybersécurité et consiste dans la non-disponibilité généralisée de fonctions d'importance systémique en raison de cyberattaques. Au pire, des cyberattaques professionnelles pourraient empêcher temporairement des établissements financiers de fournir leurs services. C'est pourquoi la FINMA étudie systématiquement les problématiques des cyberrisques dans les établissements soumis à sa surveillance. Elle a élaboré un concept d'attaques-tests de l'extérieur (Penetration Testing) en vue de contrôler les dispositifs de défense des entreprises surveillées. Les établissements financiers prennent ainsi connaissance de leur propre vulnérabilité. La FINMA demande en outre aux acteurs une auto-évaluation de leur capacité à se défendre. Chaque institut doit développer et entretenir pour lui-même un dispositif de crise opérationnel.

La Suisse permet que des entreprises financières étrangères qui ne sont pas établies sur le territoire suisse fournissent des services à leur clientèle suisse sans être soumises au droit suisse, alors que dans la plupart des autres juridictions, le lieu d'établissement du client et non pas celui du fournisseur détermine le pouvoir de réglementation. Cette particularité à l'avantage de la concurrence étrangère devrait avoir des conséquences sur la place financière suisse dans le domaine des innovations et des applications FinTech.

3.3.4 Obstacles et freins

Selon l'enquête GFT de 2017, l'ordre d'importance des principaux obstacles à la numérisation parmi les banques suisses se présente comme suit : (1) effets sur la sécurité et la protection des données ; (2) intégration de nouvelles technologies dans l'ancien système informatique ; (3) ampleur des investissements financiers et interruption des processus de travail (à la différence d'autres pays). Le manque de connaissances techniques et d'expérience, cité en moyenne en troisième position pour l'ensemble des autres pays, n'est guère évoqué en Suisse (Groupe GFT, 2017).

Selon l'enquête menée par Zern & Partner (2017) auprès des banques cantonales et régionales, les défis technologiques ainsi que la gestion du changement, liée à une mutation culturelle et à un nouvel état d'esprit au sein du personnel, sont d'une importance particulière. Dans ce cadre, la formation des collaborateurs et leurs compétences techniques et sociales sont souvent thématiques. Nombre de responsables dans les banques se demandent

également si le personnel en place est au fond capable et prêt à se transformer et si les mentalités peuvent être changées. Un facteur majeur est que l'âge moyen des collaborateurs des banques est élevé et peut-être trop élevé pour que l'on puisse en attendre un « état d'esprit numérique » moderne comme la concurrence accrue le requiert. Un rajeunissement est nécessaire. Selon l'étude publiée en 2018 par le SFI, nombre de banques manquent encore de leadership numérique : « des personnalités en vue et influentes, directement familiarisées avec le numérique et largement acceptées dans les affaires opérationnelles courantes, font défaut. » L'étude SFI constate en outre que les experts en informatique et les autres spécialistes continuent souvent d'œuvrer séparément à la thématique de la numérisation. « Aucune banque suisse ne se transforme actuellement d'organisation classique du haut vers le bas en une organisation moderne en réseau. » (sfi & zeb, 2019).

3.3.5 Ouverture du marché par la technologie et les acteurs exogènes : une situation concurrentielle inédite

Le secteur financier ne se trouve pas en difficulté seulement en raison des fournisseurs de services financiers intégrés en Suisse dans la branche, mais de plus en plus en raison d'entreprises basées sur la technologie qui s'imposent par la voie numérique et de manière très dynamique sur le marché des produits et services financiers faciles à standardiser afin de gagner des clients et des parts de marché.

Pendant longtemps, le marché suisse des services financiers est resté protégé face à l'étranger parce qu'il est petit, linguistiquement fragmenté ainsi que fortement et spécifiquement réglementé, de sorte que les rendements attendus étaient faibles. Cela devrait être toujours moins le cas à l'avenir. Autrefois, la présence physique sur les lieux et les coûts afférents revêtaient de l'importance. Aujourd'hui, on peut accéder de partout au marché suisse et y être actif. La transformation numérique ouvre les marchés en effaçant les frontières. Les grands groupes informatiques comme Google, Amazon, Microsoft et Apple sont tous présents sur le marché suisse. Ils disposent de contacts réguliers avec leurs clients dont ils détiennent les données et, de ce fait, les profils. Pour les services financiers, il s'agit là d'un important avantage concurrentiel qu'ils peuvent utiliser.

Les plateformes de mise aux enchères, semblables aux bourses et qui relient tous les acteurs du marché, ouvrent de nouvelles possibilités. Credit Exchange, une plateforme spécialisée dans les hypothèques, en est une illustration. On y trouve d'une part les propriétaires et acheteurs d'immeubles qui peuvent y lancer leurs recherches individuelles en vue d'une hypothèque. De l'autre, se trouvent les partenaires de distribution, qui, grâce à la plateforme, réunissent et contrôlent directement et de manière transparente les offres des bailleurs d'hypothèques que sont par exemple les banques, les assurances et les caisses de pension. Les prêteurs ont ainsi accès à un important réseau de partenaires de distribu-

¹³ Voir le rapport du Conseil fédéral «Bases juridiques pour la distributed ledger technology et la blockchain en Suisse» (Conseil fédéral, 2018b) qui analyse cette thématique en détail et propose des modifications ciblées de la loi, ainsi que le dossier de la consultation ouverte le 22 mars 2019 concernant l'adaptation du droit fédéral aux développements de la technologie des registres électroniques distribués (DFF, 2019).

tion, ce qui leur permet de pénétrer de petits marchés non encore prospectés jusque-là. Divers intervenants qualifient ces interactions d'écosystème financier.

Les opérations combinées avec les services Cloud ou transitant par eux sont susceptibles d'améliorer la compétitivité de certaines banques, voire du secteur bancaire dans son ensemble. Un Cloud promet une réduction des coûts grâce au gain d'efficacité et plus de flexibilité. Dans un Cloud, les banques ne sont pas alourdies par les anciens systèmes informatiques, c'est-à-dire par des applications informatiques enracinées dans le passé, ce qui les rend plus agiles que les banques établies. Le Cloud leur permet en tout temps de recourir à des capacités supplémentaires de calcul, de mémoire et de stockage ou de mettre à disposition en quelques secondes des environnements de test et de développement. Les applications innovantes peuvent être testées et mises en œuvre plus rapidement et de manière plus flexible. Cet aspect peut apporter des avantages en particulier à des banques de taille réduite. Grâce aux partenariats avec les Clouds, un écosystème novateur est développé et aménagé, ce qui conduit à la réorganisation des chaînes de production de valeur.

De nouvelles situations de concurrence apparaissent : des acteurs non bancaires comme Amazon, Google et Apple, venus d'autres secteurs, et les jeunes pousses FinTech sont des concurrents qui défient et renouvellent la branche des services financiers. Assurément, les banques établies sont en position avantageuse grâce à leurs atouts traditionnels tels que leur fichier clients, leurs grandes compétences financières, la discrétion et la sécurité qu'elles offrent. Mais la pression au changement structurel due à l'utilisation et à la diffusion des technologies numériques a nettement augmenté également pour les banques établies. Selon le baromètre des banques 2018 d'E&Y, les banques deviennent plus conscientes que des concurrents étrangers à la branche menacent leur position sur le marché et augmentent la pression concurrentielle sur leurs modèles d'affaires traditionnels. La majorité d'entre elles sont incertaines quant au changement structurel, elles perçoivent des menaces croissantes et ne voient guère d'opportunités. On doit leur objecter que les innovations liées à la numérisation qui dépassent le cadre de banques individuelles et leurs affaires et qui développent le système entier vers un système bancaire suisse numérisé représentent une grande opportunité pour le succès futur du système bancaire de la Suisse.

3.4 Intelligence artificielle et données massives dans le système de santé suisse¹⁴

Il est difficile d'analyser empiriquement le thème de l'innovation dans le secteur de la santé, car les indicateurs usuels de l'innovation (R-D, brevets et publications scientifiques) ne permettent guère de saisir une grande part de l'innovation réalisée dans ce domaine. C'est pourquoi l'innovation dans le domaine de la santé constitue

un terrain largement inconnu : les études sont peu nombreuses (l'étude suisse constitue une exception intéressante, voir Arvanitis & Seliger, 2011) et nos modestes connaissances sur ce thème reposent principalement sur des études de cas et des entretiens qualitatifs. Le présent chapitre cherche à adopter une approche assez systématique sur le thème de l'innovation dans le secteur de la santé. Mais cette approche est focalisée sur les innovations numériques développées et introduites dans le système de santé suisse (et qui ont été suscitées grâce à l'IA et aux données massives).

3.4.1 Cadre général pour les tâches de santé, la productivité et l'innovation

Le domaine de la santé représente un secteur important de l'économie suisse (12,3 % du PIB, OCDE, 2017). Il se caractérise par de solides résultats en termes d'amélioration de l'état de santé et d'espérance de vie. Cependant, la hausse des coûts de la santé est elle aussi marquée (plus forte que dans d'autres pays européens).

Cette évolution s'explique tant par des facteurs démographiques que par d'autres facteurs, notamment la progression assez forte des salaires nominaux par rapport à la productivité (la « maladie des coûts », identifiée par Baumol).¹⁵ Les scénarios de futur développement des dépenses totales du système de santé suisse prévoient qu'un décalage entre les salaires nominaux et la productivité constituera un facteur essentiel de hausse des dépenses de santé.¹⁶ Une solution évidente du problème des dépenses consiste à réduire quelque peu cet écart par des améliorations de la productivité. Les économistes s'accordent en outre pour dire qu'une telle croissance de la productivité devrait être le fruit de l'innovation. Cette situation explique l'importance cruciale que l'innovation revêt dans le domaine de la santé.¹⁷

Stagnation de la productivité sans inertie technologique

S'agissant du rapport entre la productivité et l'innovation dans le domaine de la santé entre 1990 et 2010, l'observation empirique la plus intéressante est que le secteur de la santé n'est pas forcément en retard sur le plan technologique. Bien que la croissance de sa productivité soit quasiment nulle, ce secteur s'est montré

¹⁵ Il est difficile de mesurer la productivité, cette remarque vaut peut-être tout particulièrement pour le secteur de la santé (voir p. ex. Morger et al., 2018). Mais ces difficultés ne contredisent pas le consensus des économistes, pour qui le secteur de la santé souffre en Suisse d'un déficit de productivité et selon lesquels la productivité du travail doit être améliorée d'urgence dans ce secteur (Brändle et Colombier, op. cit., Morger et al., op. cit.). Voir également les enquêtes et analyses récentes sur les hôpitaux suisses (PwC, 2017, 2018).

¹⁶ Brändle et Colombier (2017a et b) décrivent les tendances futures des dépenses totales du secteur de la santé suisse. Ils ont conçu divers scénarios, notamment le scénario dit de Baumol, selon lequel la croissance de la productivité du secteur de la santé est de 40 % inférieure à celle de l'économie dans son ensemble, et le scénario élargi de Baumol, qui table sur un écart de productivité de quelque 60 %. Dans l'un et l'autre cas, le décalage entre les salaires nominaux et la productivité s'avère être un facteur essentiel dans l'augmentation des dépenses de santé.

¹⁷ La notion de « maladie des coûts » de Baumol pour décrire les mécanismes économiques du système de santé n'inclut pas en l'occurrence l'industrie biomédicale et pharmaceutique (dont la croissance de productivité est constamment élevée).

¹⁴ Le chapitre 3.4 a été rédigé par le professeur Dominique Foray (École polytechnique fédérale de Lausanne).

très actif et il a traversé au cours du temps d'importantes mutations technologiques. À l'aune de certains indicateurs (qualifications moyennes, formation scolaire moyenne, proportion des « travailleurs du savoir », investissements dans les domaines du bureau, de l'informatique et de la comptabilité, âge du capital), le secteur de la santé apparaît au moins aussi actif sur le plan technologique que par exemple les fabricants de biens ou les prestataires de services avancés.

Toutefois, la question reste de savoir si les résultats plus mauvais quant à la productivité sont dus aux facteurs suivants :

- les intrants (ressources) et les extrants (résultats) sont de plus en plus difficiles à mesurer et la croissance de la productivité est systématiquement sous-estimée ;
- l'utilisation du potentiel de productivité des TIC suppose d'importantes modifications organisationnelles et dans la composition du personnel, qui coûtent du temps, entraînent des coûts d'adaptation élevés et causent des délais de mise en œuvre et de restructuration ;
- les prestataires de services de santé peuvent aussi utiliser les nouvelles technologies à d'autres fins que d'améliorer la productivité ; en particulier, ils peuvent utiliser la technologie de l'information pour différencier et personnaliser leurs produits au lieu d'accroître la productivité.

Si ces trois raisons peuvent expliquer partiellement la contradiction entre deux types d'évidence, il faut encore invoquer deux autres facteurs en raison de leur grande importance économique.

3.4.2 Signification économique particulière de la « maladie des coûts » de Baumol dans le secteur de la santé

Dans le domaine de la santé (tout comme dans celui de la formation et dans quelques autres secteurs), la « maladie des coûts » de Baumol a une signification économique particulière. Alors que de nombreux secteurs des services tendent lentement vers la partie progressive de l'économie où le changement technologique, couplé à l'accumulation de capital informatique, induit une amélioration de la performance par heure de travail, certains secteurs comme celui de la santé sont à la traîne. Quelle en est la cause ? Il faut la chercher dans le statut de la main-d'œuvre humaine qui fabrique des biens ou fournit des services. Dans la plupart des branches (de l'industrie et des services), la main-d'œuvre humaine est avant tout un instrument. Que la part du travail dans le produit fini ou dans le service finalement presté (coefficient de travail) diminue ne change rien à l'évaluation de la qualité du bien ou du service par les consommateurs. Tous les secteurs recourent à cette caractéristique (la main-d'œuvre humaine n'est qu'un instrument) pour sans cesse accroître fortement et de manière dynamique la productivité du travail par le progrès technologique et en remplaçant la main-d'œuvre par le capital.

Dans le domaine de la santé, pourtant, la main-d'œuvre humaine n'est pas un simple moyen de production, mais un but

en soi, la qualité des services étant directement mesurée comme quantité de travail. Ainsi, la diminution de la part du travail dans la prestation des services tend à influencer directement l'évaluation qualitative des consommateurs. Le patient qui devrait entrer sans personnel humain dans un hôpital en vue d'un traitement médical jugerait négativement la qualité du service, parce que les robots ne devraient jamais remplacer les personnes dans certaines situations médicales où les relations interpersonnelles, les émotions et l'empathie sont décisives. Dans le secteur de la santé, une part fixe du travail doit être accomplie par des personnes, en particulier pour soutenir les relations interpersonnelles entre le prestataire du service de santé et le patient. Ce constat ne signifie toutefois pas qu'il n'y ait pas un potentiel considérable d'amélioration de la productivité. Par exemple, les médecins et le personnel soignant passent une part conséquente de leur temps de travail autrement qu'avec leurs patients (travaux de documentation et autres activités administratives). De ce fait, l'informatisation et une meilleure organisation recèlent un grand potentiel d'amélioration de la productivité. Pour le dire simplement : de par son essence, le secteur de la santé ne sera jamais complètement guéri de la « maladie des coûts », quelles que soient les technologies utilisées pour améliorer la performance et la coordination des soins. Cette conclusion importe dans la suite de la discussion sur le rôle et la valeur de l'IA pour compléter et non pour remplacer la main-d'œuvre humaine dans le secteur de la santé.

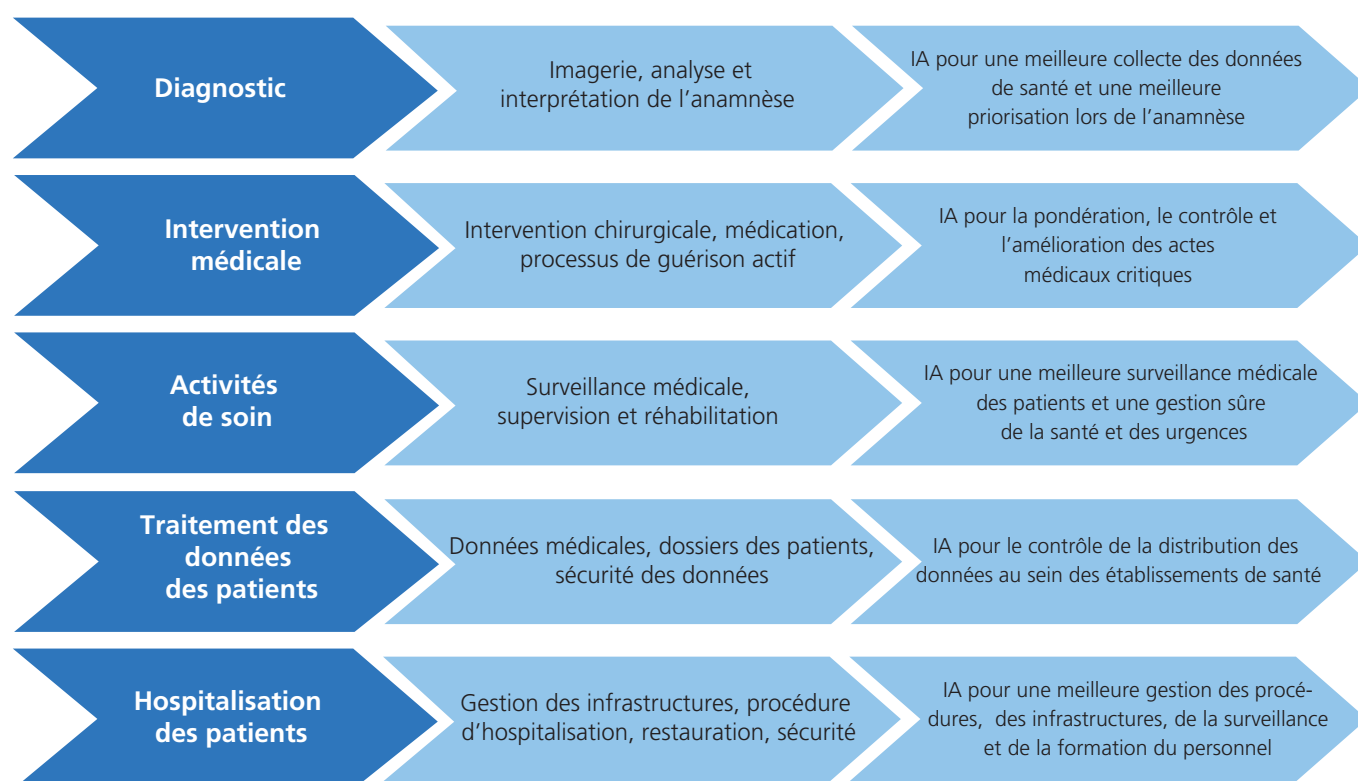
Obstacles et limites imposés à l'innovation dans le système de santé

La deuxième raison pouvant expliquer la contradiction entre une productivité basse et la présence d'une haute technologie est liée au fait que les innovations sont entravées, dans le domaine de la santé, par divers obstacles, défaillances du marché et limitations (Cutler, 2010). Il est par conséquent difficile d'éliminer certaines inefficacités (nombre excessif de prestations, coordination inadaptée des prestations et processus de production lacunaires) en développant des solutions novatrices. Ce déficit d'innovation freine la croissance de la productivité.

Mais cet argument ne doit pas être mal compris : il existe bien évidemment, dans le domaine de la santé comme dans les autres secteurs, des activités d'innovation massives dans le cadre desquelles des personnes intelligentes apprennent dans la pratique et tentent de résoudre les problèmes en recourant à une sorte d'« innovation de l'utilisateur » (voir p. ex. von Hippel et al., sur le thème de l'innovation par l'utilisateur dans les hôpitaux et autres institutions de santé, et les données de l'enquête menée par Arvanitis & Seliger, 2011). Mais il manque les bonnes structures incitatives permettant de révéler les entrepreneurs capables de déceler les possibilités commerciales et de tester des modèles d'affaires inédits (en tablant sur l'idée qu'une part considérable de la valeur sociale des innovations peut être couverte par les innovateurs privés, ce qui, pendant longtemps, n'a pas été le cas dans ce secteur).¹⁸

¹⁸ On trouve évidemment des exceptions, en particulier en Suisse (p. ex. dans les groupes de cliniques privées).

Graphique C 3.2 : Tâches et processus hospitaliers : utilité possible de l'IA



Source : Bühler (Industry Relations EPFZ), contribution préparée pour le présent rapport

3.4.3 Importance de l'intelligence artificielle et des données massives pour l'innovation dans le secteur de la santé

La présente étude se concentre sur un aspect déterminé de l'innovation dans le secteur de la santé : le développement et l'utilisation de l'IA et des applications de données massives en vue de transformer radicalement les processus visant à fournir et à coordonner les services de santé, ainsi qu'à créer de nouveaux types de services. Ce ciblage étroit se justifie facilement : dans le domaine de la santé, l'innovation traverse actuellement une importante étape de son histoire grâce au potentiel disruptif de l'IA et des données massives (Trajtenberg, 2017, Brynjolfsson et Mc Afee 2017, Cutler et al. 2017). Certaines études récentes prévoient une amélioration d'une ampleur sans précédent de la productivité du système de santé.

La révolution déclenchée par les technologies émergentes, IA et données massives comprises, entraînera dans le secteur de la santé d'innombrables applications qui modifieront les processus de production et la coordination des services de santé. Le graphique C 3.2 présente le potentiel des changements et améliorations basées sur l'IA pour les tâches et processus hospitaliers.

Divers types d'innovation avec des applications de l'IA et des données massives

Divers types d'innovation se présentent selon les objectifs et les fonctions :¹⁹

- Simplification et amélioration du relevé des données, transfert de tâche du médecin au patient : les innovations dans ce domaine sont liées à l'introduction de multiples applications de surveillance de la santé proposées par diverses entreprises ainsi qu'au développement de relations solides entre le patient et son médecin de premier recours qui s'entendent sur un objectif clinique et transfèrent la tâche de relever les données du médecin au patient. Medisanté relie par exemple les fournisseurs de prestations de santé aux données de santé générées par les patients relatives à certaines maladies chroniques en combinant des dispositifs connectés, une plateforme en réseau et l'hébergement des données sur le territoire national (<https://medisante.ch>).
- Transformation des données en informations valorisables, utilisation de l'analyse prédictive : dans ce domaine, les innovations sont liées au développement d'un entrepôt de données centralisé (data warehouse) pour les institutions de santé. Ce dispositif peut conduire à utiliser l'analyse prédictive afin de gui-

¹⁹ Ici sont présentés quatre exemples. Nous ne nous prononcerons évidemment pas dans ce cadre sur les effets en termes de prospérité des innovations concrètes, dont l'introduction peut entraîner des coûts importants.

der les futures décisions cliniques et médicales. C'est ainsi que PwC développe, conjointement avec un réseau de médecins, une solution de santé prédictive pour la sclérose en plaques connue sous le nom de PHREND. Ce système basé sur l'apprentissage automatique et les données massives permet de procéder à des traitements sur mesure des affections neurologiques (<https://www.pwc.ch/de/dienstleistungen/digital-service/data-and-analytics/phrend.html>). Il peut fournir une meilleure vue d'ensemble des coûts et induire les mesures adéquates en tenant compte de sources de coûts qui n'apparaissaient pas à un stade antérieur (p. ex. calcul de variantes non nécessaires lors du traitement).

- Solution de nombreux problèmes d'interopérabilité, de sécurité et d'universalité des enregistrements grâce à la technologie de la chaîne de blocs : dans ce domaine, l'innovation sera stimulée pour les données de santé, notamment dans les secteurs où des problèmes cruciaux d'interopérabilité, de sécurité et d'universalité des enregistrements doivent être résolus. Par exemple, le Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) participe au Center for Digital Trust nouvellement créé par l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) afin d'élaborer des solutions visant des banques de données de chaîne de blocs distribuées et décentralisées pour résoudre une série de problèmes transactionnels et relationnels en matière de données cliniques et médicales.
- Conception de nouveaux modèles d'exploitation et d'affaires : enfin, l'innovation suscitée par l'IA comporte l'opportunité de repenser les modèles d'affaires afin d'exploiter complètement la valeur des investissements informatiques. Le modèle d'affaires de SOPHiA Genetics, représenté ci-après, illustre bien cet argument.

Futur développement de l'IA dans le secteur de la santé

Personne n'est en mesure de prédire l'avenir, mais le futur développement de l'IA dans le secteur de la santé devrait répondre à trois caractéristiques ou déterminants :

- La présence sur le marché d'innovateurs (entrepreneurs, jeunes pousses et nouveaux acteurs exogènes disruptifs) sera l'un des déterminants essentiels de l'innovation et de la transformation, contrairement à ce qui a prévalu par le passé : la révolution de l'IA qui s'annonce montre un important potentiel de productivité et de nombreuses possibilités d'affaires dans le secteur de la santé. En conséquence, des acteurs venant de l'extérieur seront très actifs pour entrer sur ces marchés. Il s'agit aussi bien de géants des données que de jeunes pousses en phase d'essai de leurs modèles d'affaires, qui sont susceptibles de supplanter les actuels participants au marché dans différents domaines de la santé ainsi que les acteurs de la recherche académique fondamentale et de la recherche appliquée dans les universités.
- Comme l'IA est une technologie universelle,²⁰ il est décisif que le développement de nouvelles applications et leur introduction dans des environnements critiques (hôpitaux) présentent des

complémentarités innovantes pour que se déploie le potentiel de productivité inhérent à l'IA et aux données massives. L'impact de ces innovations dépendra en définitive des modifications survenant à l'échelle du système dans ce secteur, un système qui inclut le développement professionnel de divers types de spécialistes de la santé actuellement peu qualifiés et mal préparés à la nouvelle technologie, la transition stratégique vers la numérisation dans les institutions de santé, y compris le développement de structures informatiques et l'acquisition des capacités scientifiques correspondantes dans le domaine de l'analyse des données, ainsi qu'un changement culturel parmi les médecins et les patients.

- Eu égard à la « maladie des coûts » de Baumol (voir ci-dessus), la pénétration de l'IA ne progressera plus à partir d'un certain point en raison du rôle essentiel que joue la main-d'œuvre humaine dans le secteur de la santé : le diagnostic médical, considéré comme reconnaissance de profils types, est un bon exemple du potentiel et des limites de l'IA. Grâce à celle-ci et aux données massives, les ordinateurs atteignent des performances surhumaines. Si les meilleurs diagnostiqueurs au monde de la plupart des disciplines ne sont pas d'ores et déjà numériques, cela ne saurait tarder. Mais les spécialistes médicaux jouent un rôle essentiel également après le diagnostic numérique : ils peuvent établir le contact interpersonnel et mobiliser les forces sociales pour impliquer les patients dans le traitement prescrit. L'être humain gardera son importance, même dans un système de santé basé sur l'IA, mais il n'y jouera pas toujours le même rôle qu'aujourd'hui. Les personnes fonctionneront comme des coordinateurs de traitement engagés socialement et émotionnellement plutôt qu'à titre de brillants diagnostiqueurs.

3.4.4 Constats concernant la production et l'introduction d'innovations basées sur l'intelligence artificielle dans le système de santé suisse²¹

Le présent chapitre vise à relever et présenter certains indicateurs concernant les innovations basées sur l'IA dans le secteur de la santé, à observer l'apparition de nouveaux acteurs sur le marché, à jauger la capacité et l'aptitude des grandes institutions de santé (hôpitaux) à intégrer ces innovations et à évaluer les capacités d'innovation de la Suisse en ce domaine. À cet effet, nous avons examiné l'offre (la recherche fondamentale, les inventions et l'esprit d'entreprise en Suisse de même que l'importance essentielle donnée à la recherche de nouveaux modèles d'affaires en vue d'exploiter la valeur des innovations), la capacité des hôpitaux à générer des innovations numériques et à les utiliser pour se transformer, l'importance des partenariats, des réseaux et des nombreuses initiatives stratégiques et expériences institutionnelles visant à soutenir le développement et la mise en œuvre de l'IA ainsi que les conditions-cadres.

²⁰ Les caractéristiques d'une technologie universelle (General Purpose Technology, GPT) sont la répartition horizontale dans l'ensemble de l'économie et la complémentarité entre les inventions fondamentales et les nombreux développements d'application (voir Cockburn et al., 2017 concernant le cas de l'IA comme technologie universelle).

²¹ La partie empirique du présent chapitre (données relatives aux publications et brevets, enquête auprès des hôpitaux) a été élaborée par Charles Ayoubi (EPFL). La version longue contient des explications méthodologiques.

Tableau C 3.2: Classement des pays selon le nombre de publications sur le thème de l'apprentissage automatique dans le secteur de la santé, 1990–2018

Rang normalisé	Rang global	Pays	Nombre de publications	Normalisé (valeur * 100 / total personnel R-D en EPT)
1	22	Hong Kong	575	2,79
2	12	Pays-Bas	1462	2,72
3	15	Suisse	903	2,51
4	16	Singapour	792	2,20
5	18	Belgique	746	1,83
6	7	Australie	1763	1,76
7	23	Grèce	513	1,72
8	3	Royaume-Uni	4685	1,69
9	8	Italie	1727	1,67
10	5	Canada	2446	1,54
.
17	1	États-Unis	18243	1,35
24	4	Allemagne	3487	0,99
32	10	France	894	0,67
33	2	Chine	7009	0,58

EPT = équivalent plein temps

Source : Scopus, calculs par Foray & Ayoubi (voir point 3.4.6)

Offre : science, inventions et modèles d'affaires

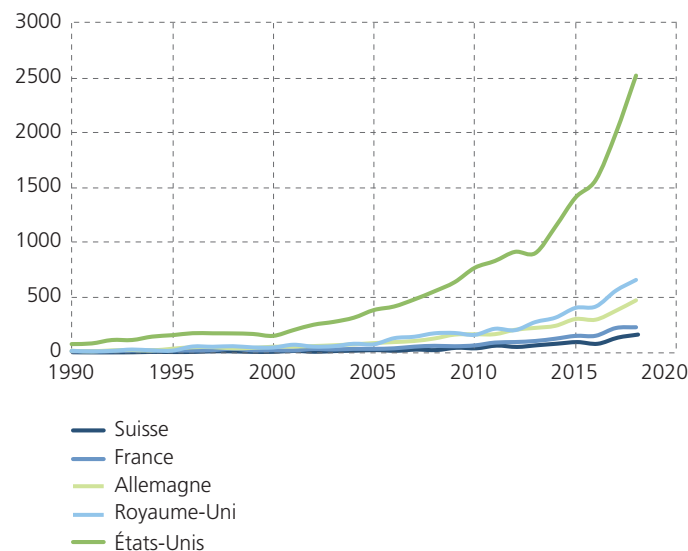
La Suisse arrive au troisième rang des publications scientifiques sur les applications d'IA dans le secteur de la santé (tableau C 3.2). À l'instar des autres pays européens, elle présente une croissance constante en chiffres absolus (graphique C 3.3).

Le nombre de brevets dans le domaine de l'IA pour le secteur de la santé (graphique C 3.4) est relativement faible à ce stade dans tous les pays. Les tendances ne sont pas très claires. Ces remarques valent aussi pour la Suisse. Il faut en chercher les raisons notamment dans l'introduction de nouveaux modèles d'affaires qui ne reposent pas sur la détention des droits de propriété intellectuelle liés à l'invention, mais plutôt sur la capacité des entreprises de se procurer dès un stade précoce un avantage dans le relevé et l'appropriation des données. Ce thème est traité de manière plus détaillée ci-dessous.

Notons à ce propos que la part des applications de santé brevetées est très faible dans l'ensemble des brevets d'innovation concernant l'apprentissage automatique en général. Cette remarque signifie que le secteur de la santé (comparativement aux services financiers, aux autres services et à l'industrie) n'est assurément pas un secteur leader en Suisse pour les applications d'IA (graphique C 3.5).

À l'ère de l'IA, la structure technologique des idées novatrices se déplace partiellement des technologies médicales, définies

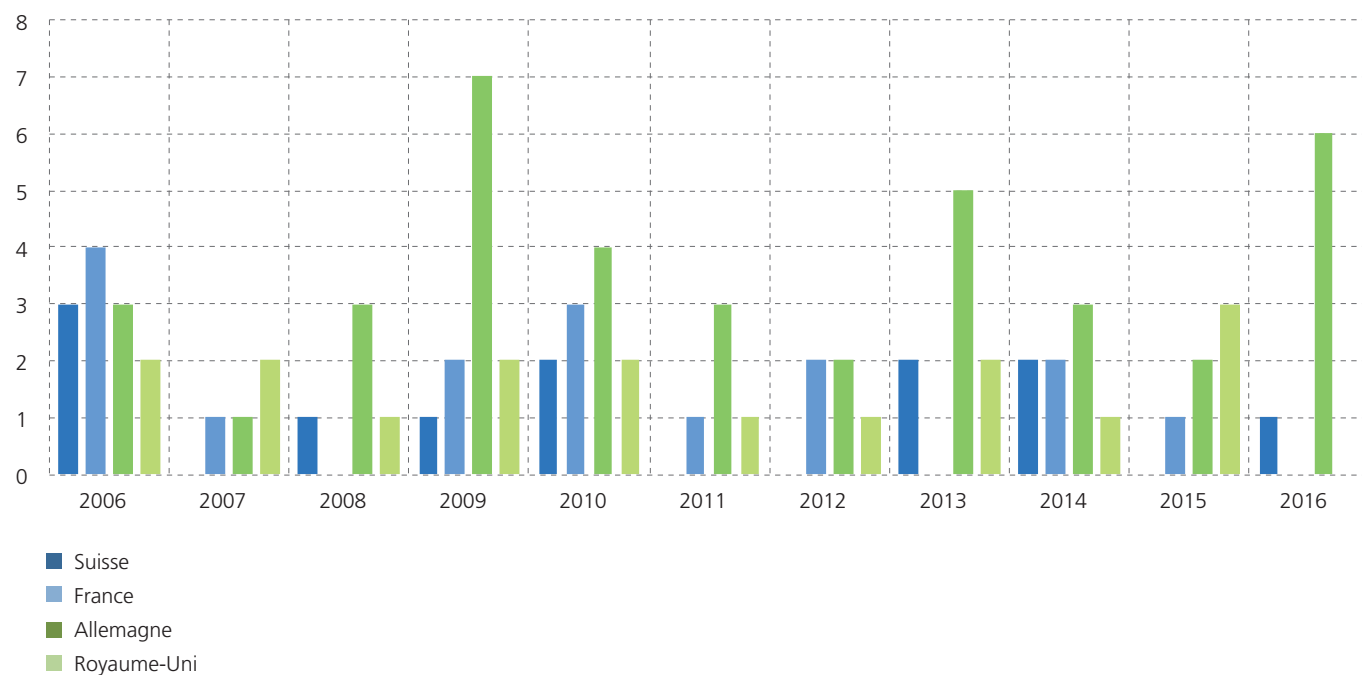
Graphique C 3.3 : Évolution du nombre de publications par pays sur le thème de l'apprentissage automatique dans le secteur de la santé



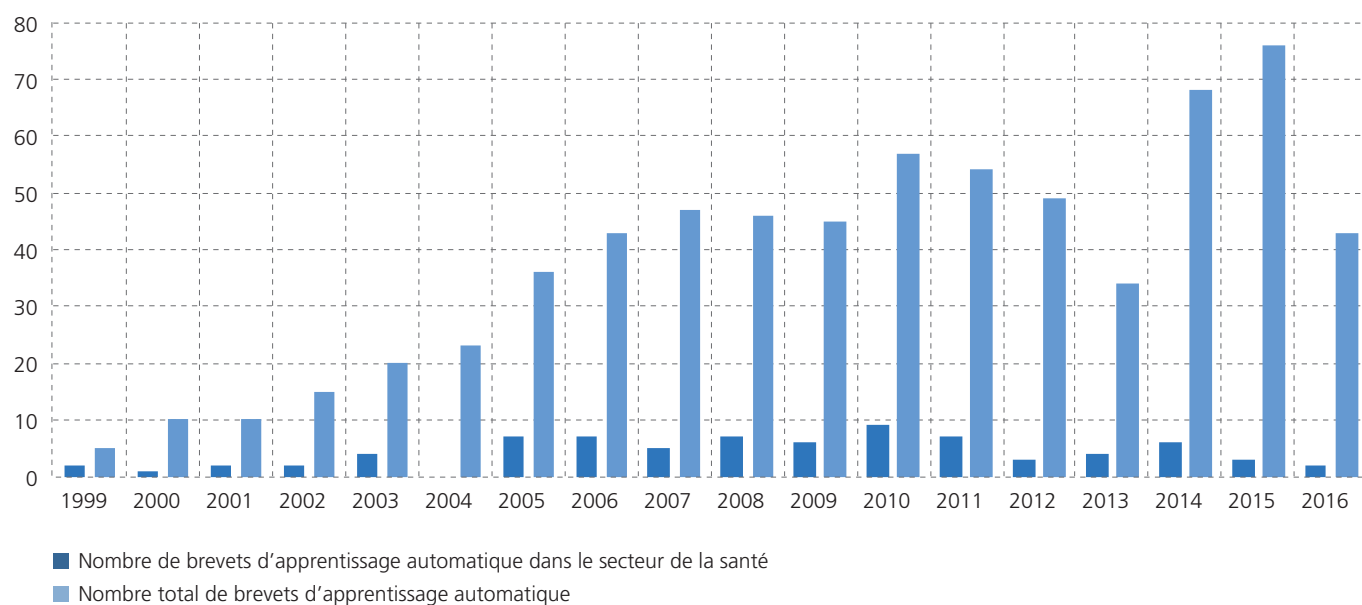
Source : Scopus, calculs par Foray & Ayoubi (voir point 3.4.6)

comme processus et produits, à des technologies médicales, définies comme services (en se fondant sur l'accès aux données cliniques et le développement d'instruments destinés à fournir des services basés sur les analyses prédictives). Ce nouveau modèle d'innovation soulève de nouvelles questions quant à la protection juridique et à la commercialisation. Les brevets ne sont pas très appropriés et le modèle traditionnel, qui combine les brevets à l'octroi de licences, ne s'applique pas aisément à ce modèle d'innovation inédit. La valeur réside dans les données, c'est-à-dire dans la capacité de la jeune pousse ou de l'inventeur à garantir un accès illimité à un grand nombre de données (maillon critique entre le fournisseur d'un service innovant et les sources de données, qu'il s'agisse de l'hôpital ou directement du patient). L'innovation consiste dans l'offre d'un service exclusif et unique en son genre, basée sur l'accès à des données et sur leur utilisation.

Obtenir et maintenir une longueur d'avance dans l'accès aux données semble devenir une stratégie commerciale essentielle. Lorsqu'une entreprise est en mesure de générer et de produire des données cliniques et médicales, elle peut ériger une barrière – protégée par l'IA – à l'entrée sur le marché. Cette barrière lui garantira une domination du marché au moins pour le moyen terme. À tout le moins jusqu'à ce stade, de nombreuses entreprises innovantes du secteur de la santé semblent essayer d'utiliser l'IA en récoltant et en conservant des données. L'intensité des activités menées pour obtenir un avantage propriétaire (basé sur les données) pourrait être un indice qu'un pouvoir de marché important

Graphique C 3.4 : Évolution du nombre de brevets pour l'apprentissage automatique dans le secteur de la santé de quatre pays européens

Source : PATSTAT et OMPI (nouvelles méthodes pour les brevets d'apprentissage automatique), calculs par Foray & Ayoubi

Graphique C 3.5 : Évolution du nombre de brevets d'apprentissage automatique dans le secteur de la santé et du nombre total de brevets d'apprentissage automatique en Suisse

Nombre total de brevets d'apprentissage automatique dans le secteur de la santé entre 1999 et 2016 : 77

Nombre total de brevets d'apprentissage automatique entre 1999 et 2016 : 681

Source : PATSAT et OMPI (nouvelles méthodes pour les brevets d'apprentissage automatique), calculs par Foray & Ayoubi

Cas d'école 1: SOPHiA Genetics

SOPHiA Genetics (canton de Vaud) développe et exploite un réseau mondial de 850 hôpitaux reliés par l'infrastructure de données et les plateformes de l'entreprise. Les hôpitaux fournissent des données cliniques et médicales (codes génétiques, images médicales) et reçoivent en contrepartie différents types d'applications technologiques spécifiques du domaine de la santé et basées sur l'IA. Les éléments essentiels des transactions entre SOPHiA Genetics et les hôpitaux reliés par la plateforme consistent à vendre des services liés à des applications d'IA, à analyser les données et les images en les reliant à des informations biologiques et cliniques pour prédire l'évolution des affections et à appuyer les décisions et stratégies cliniques pour des patients déterminés. La structure des transactions de services correspond au modèle de logiciel comme service (software as a service, SaaS), basé sur le système des coûts en fonction de l'utilisation (pay per use). Comme le succès du modèle d'affaires est largement déterminé par les règles du réseau (effets externes directs et indirects), les principaux instruments stratégiques de son maintien sont notamment les suivants : capacité de l'entreprise à élargir continuellement son réseau hospitalier, capacités dans le domaine des algorithmes et de la science des données, marketing et vente. Dans ces modèles, les brevets ne jouent pas de rôle significatif.

Cas d'école 2: un professeur en bioinformatique à l'EPF

Le professeur est actif en recherche fondamentale dans le domaine des sciences informatiques, de l'apprentissage automatique et de l'analyse. Il développe des instruments méthodologiques et travaille à un large éventail d'applications, notamment pour le secteur de la santé. Il est systématiquement impliqué dans un environnement open source et publie tout : les codes, les prototypes et les données de recherche. Dans ce contexte, les principes majeurs consistent à garantir l'accès aux données et la reproductibilité des résultats de recherche. Ces modalités permettent en fait d'assimiler les valeurs obtenues par ce professeur à celles des chercheurs académiques en informatique. La question de la coopération avec l'économie privée est ainsi posée : la société X, qui développe un traceur de fertilité, a contacté le professeur pour élaborer des instruments destinés à améliorer la performance prédictive. Cependant, comme elle refusait toutes conditions de libre accès aux sources et aux données, la coopération ne s'est jamais concrétisée.

est attendu à l'avenir, ce qui soulève assurément des questions relevant de la politique de concurrence.

De tels modèles d'affaires pourraient entrer en conflit avec la tendance académique toujours plus dominante vers une science et des données ouvertes.

La créativité institutionnelle et juridique est encore loin du compte pour assurer la compatibilité entre d'une part les règles académiques en devenir, qui visent à garantir l'accès aux données et la reproductibilité des résultats de recherche, et, de l'autre, les nouveaux modèles d'affaires, c'est-à-dire : la compatibilité entre les effets de prospérité à long terme inhérents aux données ouvertes et les effets de prospérité à court terme résultant de l'amélioration des produits mis sur le marché.

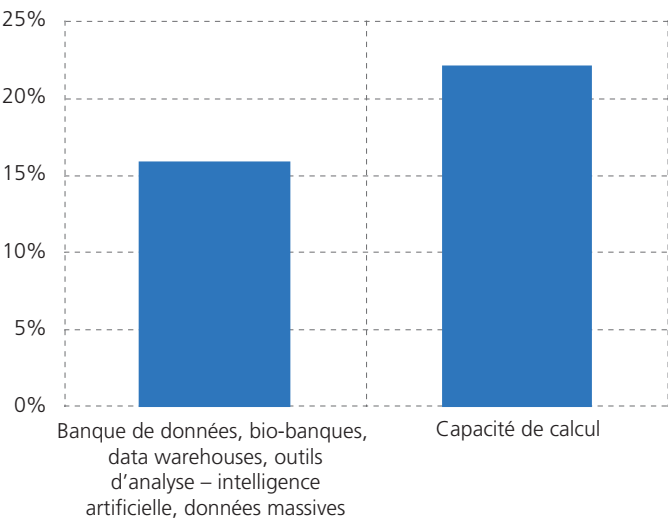
Enfin, un nouveau phénomène s'esquisse sur le versant de l'offre : l'intervention sur le marché des acteurs majeurs actifs dans les données massives (big data), comme Google, qui constituent des innovateurs potentiellement dominants dans le secteur de la santé. Pour une série d'applications d'IA qui requièrent des qualifications élevées en science des données et en ingénierie et dont le modèle d'affaires est relativement clair et « simple », Google ou Philips/Siemens ont la capacité de générer des innovations plus rapidement et à moindre coût que les laboratoires de recherche académiques.

Changements et bouleversements dans le milieu hospitalier

Les hôpitaux doivent relever de nombreux défis pour exploiter complètement les effets positifs dus au développement des applications de l'IA. Il s'agit notamment d'actualiser les qualifications, de développer de nouvelles capacités de gestion, d'investir dans l'infrastructure informatique, de coopérer avec des spécialistes de l'informatique fondamentale, de mettre en œuvre des changements organisationnels radicaux (p. ex. le transfert croissant du traitement stationnaire au traitement ambulatoire et l'introduction d'une approche plus clairement focalisée sur le patient) et d'adapter les processus de prestation des services de santé aux nouveaux modèles d'affaires.

Les données d'enquête relevées pour la présente étude fournissent de nombreuses informations sur l'état actuel de la technique et sur les futures obligations des hôpitaux dans le cadre de la révolution numérique dans le secteur de la santé (graphiques C 3.6 à C 3.14).

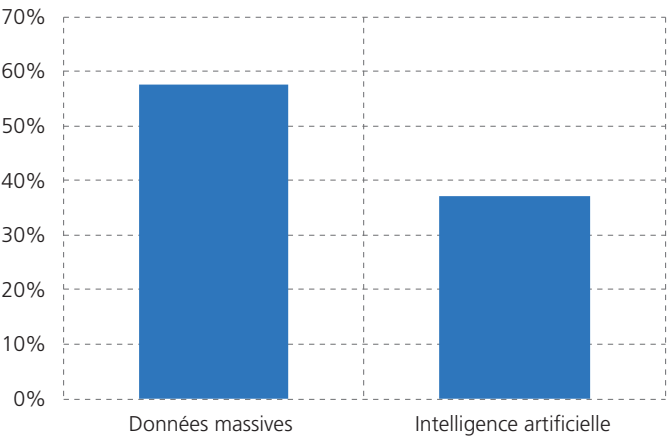
Graphique C 3.6 : Investissements dans l'infrastructure informatique des hôpitaux au cours des cinq prochaines années (en pourcentage du budget total de la DSI des systèmes d'information)



Moyenne pondérée²²
Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=39)

D'importants investissements ont été consentis ces dernières années, une tendance qui se poursuivra dans un proche avenir. La plupart des institutions prévoient des investissements plus élevés dans les applications (entrepôts de données, IA et données massives) que dans la puissance de calcul (graphique C 3.6). La plupart des institutions conduisent des projets dans les domaines de l'IA et des données massives (graphique C 3.7) et commencent généralement dans les domaines de la logistique et de l'administration, car ils sont « moins risqués » que les applications médicales (graphique C 3.8). Par ailleurs, les médecins, les autres membres du personnel des cliniques et les patients ne sont pas très impliqués dans les projets d'IA (graphique C 3.9).

Graphique C 3.7 : Part des hôpitaux faisant état de projets d'innovation sur la base de l'IA et des données massives



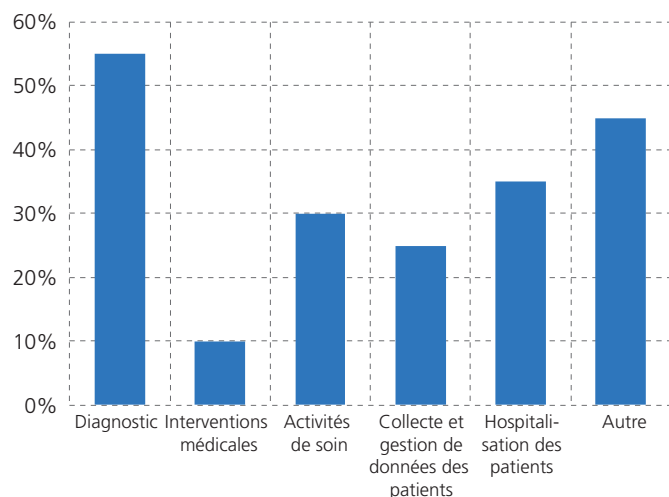
Moyenne pondérée
Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=35)

L'évolution interne des capacités dans le domaine des sciences informatiques demeure très modeste (graphique C 3.10) et la coopération avec les institutions de recherche fondamentale semble constituer un mécanisme moins apprécié pour l'acquisition de connaissances que la coopération avec les prestataires de services informatiques (graphique C 3.11). La production d'idées innovantes par les jeunes pousses est une source qui n'est pas prise en compte (graphique C 3.12).²³ On ne relève pas de grand engagement dans le cadre d'initiatives stratégiques nationales hors des hôpitaux universitaires (graphique C 3.13). Enfin, seuls très peu d'hôpitaux semblent disposer d'une stratégie d'innovation pour la transformation numérique (graphique C 3.14). Ce point est aussi apparu lors des entretiens qualitatifs : « Tous les ingrédients sont présents, mais quelle est la vision, la stratégie ? Comment et pourquoi faut-il développer l'analyse prédictive ? Transformation de la prestation et de la coordination des services de santé pour minimiser les coûts, amélioration de la productivité, conception de nouveaux modèles d'affaires et mise à disposition de nouveaux services ? »

²² La moyenne pondérée correspond à la somme du pourcentage de questionnaires comportant la réponse « très important » (facteur 3) et du pourcentage de questionnaires comportant la réponse « moyennement important » (facteur 2).

²³ À cet égard également, on relève des exceptions, mais qui ne concernent qu'une très petite partie des hôpitaux interrogés (graphique C 3.12).

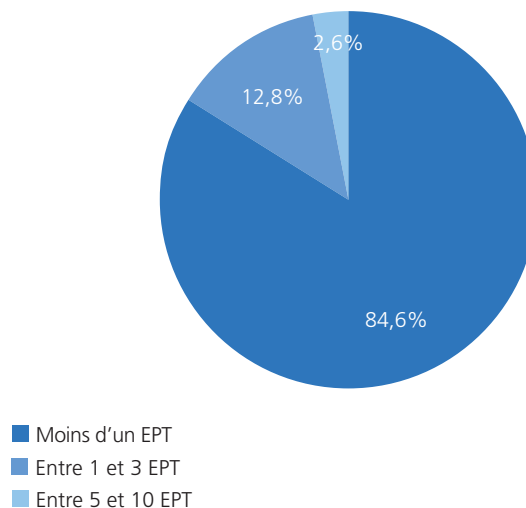
Graphique C 3.8 : Projets d'innovation, par fonctions médicales et par cliniques, fondés sur l'IA et les données massives



Plusieurs réponses possibles

Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=20)

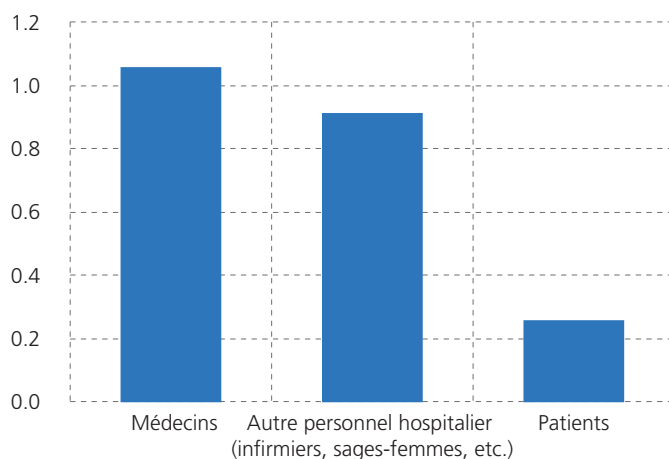
Graphique C 3.10 : Proportion du personnel hospitalier s'occupant d'IA et de données massives



EPT = équivalent plein temps

Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=39)

Graphique C 3.9 : Participation des médecins, des autres membres du personnel hospitalier et des patients aux projets d'innovation médicale et clinique

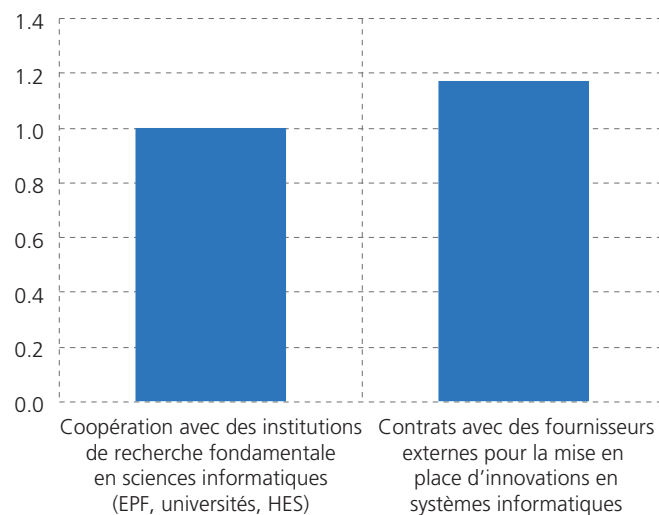


Valeur entre 0 (aucune participation) et 3 (acteur du projet)

Moyenne pondérée

Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=35)

Graphique C 3.11 : Importance de sources d'innovation particulières dans les hôpitaux

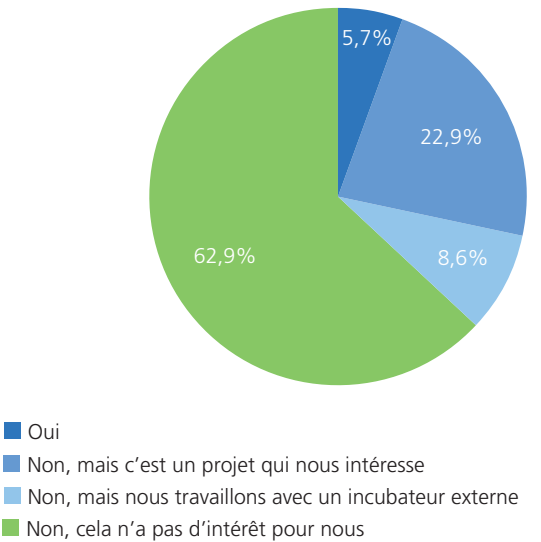


Valeur entre 0 (aucune importance) et 3 (très grande importance)

Moyenne pondérée

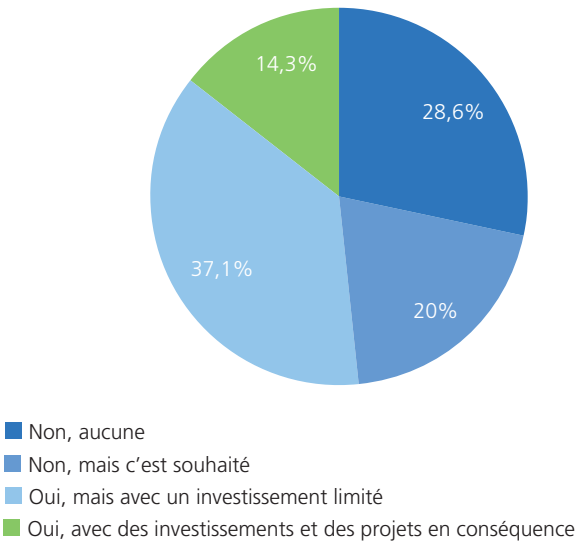
Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=35)

Graphique C 3.12 : Existence d'un incubateur de start-up en lien avec les projets d'innovation médicale et clinique



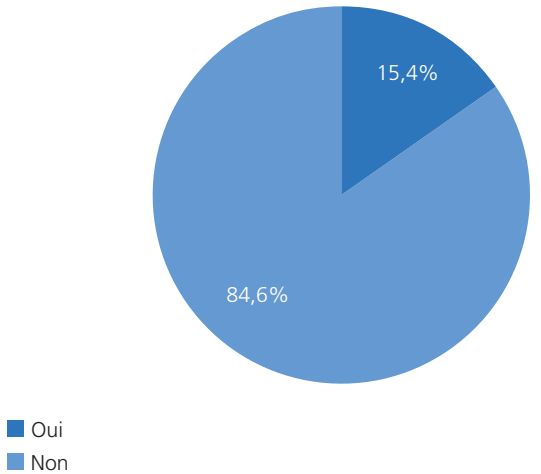
Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=35)

Graphique C 3.14 : Existence d'une stratégie d'innovation pour la transformation numérique des hôpitaux



Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=35)

Graphique C 3.13 : Participation des hôpitaux à de grandes initiatives nationales stratégiques



Exemple de stratégie nationale : Swiss Personalized Health Network (SPHN)
Source : enquête Foray & Ayoubi, EPFL (n=39)

Comme toute nouvelle technologie universelle à un stade précoce, l'IA soulève aussi des questions quant à la complémentarité des innovations. Dans le cas présent, l'exploitation intégrale du potentiel de l'IA et des données massives en vue d'améliorer la prestation, la coordination et l'administration de services de santé requiert des modifications conséquentes concernant l'organisation, la composition du personnel et l'introduction d'une nouvelle culture épistémique dans les hôpitaux. La plupart des hôpitaux ont commencé à combler les lacunes d'adaptation, de restructuration et de mise en œuvre, mais le chemin est encore très long.

Des partenariats et des réseaux pour mettre en œuvre l'IA

Les observations à ce stade, qui reposent principalement sur des données d'enquête, donnent à penser qu'il faut davantage de coopérations et de partenariats entre la recherche fondamentale (science des données) et les processus hospitaliers dans des domaines comme les études cliniques, et que l'adaptation et l'introduction des innovations sont nécessaires.

Dans de nombreuses régions, comme celles de Zurich et de l'Arc lémanique, on dénombre beaucoup de réseaux de ce type. Leur importance est essentielle pour améliorer les capacités et les aptitudes des hôpitaux dans les domaines de l'informatique et de l'analyse des données. Par ailleurs, ces réseaux sont nécessaires pour couvrir le besoin d'échanger davantage entre la recherche fondamentale et les études cliniques. Une illustration en est fournie par le rôle de l'EPF de Zurich dans la mise à disposition de la puissance de calcul pour les hôpitaux environnants par l'accès à Leonhard Med.²⁴

Les mécanismes institutionnels coordonnés à l'échelle nationale par l'Académie Suisse des Sciences Médicales (ASSM), tels que l'Institut suisse de bioinformatique (ISB) ou le Swiss Personalized Health Network (SPHN), jouent un rôle important dans ce contexte. L'objectif est de développer une infrastructure de données coordonnée à l'échelon national qui garantisse l'interopérabilité des données des systèmes d'information sanitaires locaux et régionaux priorisant la gestion des données cliniques et qui assure l'échange efficace des données de patients (p. ex. phénotypes de maladie).

Les institutions de formation supérieure peuvent en outre se montrer très actives lors de la création de nouveaux partenariats. Tel est notamment le cas de l'initiative du domaine des EPF « Santé personnalisée et technologies associées ». Par ailleurs, les mécanismes locaux sont nombreux pour couvrir tous les niveaux de la science fondamentale des données à l'introduction d'innovations dans les hôpitaux (cf. ci-dessous « Initiatives de la Confédération et des cantons »).

Toutes ces nouvelles formes de coopération et de réseaux éclairent un aspect particulièrement intéressant et important du cadre institutionnel du secteur de la santé en Suisse : l'expérimentation.

Cas d'école 3 : Institut suisse de bioinformatique

Conformément à l'art. 15 de la loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI), l'Institut suisse de bioinformatique (ISB) est cofinancé par la Confédération. Cet institut a été créé en 1998 pour mettre à disposition des infrastructures de données et appuyer ainsi la recherche fondamentale menée dans le domaine de la bioinformatique par les hautes écoles suisses (EPF, etc.). Récemment, le domaine d'activité de l'ISB a été sensiblement élargi : il s'étend désormais au développement d'un centre pour les données cliniques, un pilier essentiel du Swiss Personalized Health Network (SPHN). L'Institut est assurément parvenu à soutenir d'excellente manière les domaines de recherche concernés et les programmes de formation de base des chercheuses et des chercheurs.

Il s'agit là aussi d'un atout plus général de la Suisse, qui fait appel à l'indépendance, à la décentralisation et à la capacité d'innovation des institutions. La diversité qui en résulte stimule la concurrence, tandis que les expériences réalisées dans le domaine complexe des applications de santé favorisent avec le temps un processus d'apprentissage systématique dans la perspective d'une science de la gestion de la science et de l'innovation.

Conditions-cadres

Les innovations basées sur l'IA dans le domaine de la santé correspondent à des innovations hautement disruptives dans un secteur très réglementé. Cette remarque signifie que les adaptations et amendements des conditions-cadres sont décisifs et que les obstacles à ces adaptations ou leurs limitations peuvent fortement entraver la dynamique d'innovation. Dans ce contexte, certaines conditions-cadres paraissent déterminantes :

- Informations sur la qualité et libre choix des prestataires de services de santé : il s'agit de deux facteurs importants de l'échec du marché dans le secteur de la santé. Le manque de données de bonne qualité sur les prestataires de services a pour conséquence que les consommateurs ne peuvent que difficilement distinguer les prestataires en fonction de leur qualité, ce qui se répercute négativement sur la propension des prestataires à innover. En Suisse, le plan de mesure de l'ANQ²⁵ constitue une réponse relativement bonne à cette défaillance du marché liée à l'information. Ce plan de mesure, conçu et soutenu par l'OFSP, articule un cadre pour les indicateurs et les processus de relevé de données visant à établir des classements d'hôpitaux sur des sujets spécifiques. Il propose par ailleurs un instrument permettant de maximiser l'accès des patients aux classements. Cependant, supprimer cet échec du marché n'a de sens que si les patients peuvent choisir librement le prestataire de services.

²⁴ Leonhard Med est une infrastructure informatique pour la recherche et les données confidentielles à l'EPF de Zurich. Elle est conçue pour mettre des solutions informatiques à la disposition de la recherche qui recourt à des données confidentielles (p. ex. les données biomédicales de l'être humain).

²⁵ Association nationale pour le développement de la qualité dans les hôpitaux et les cliniques (Nationaler Verein für Qualitätsentwicklung in Spitälern und Kliniken).

- Certification et réglementation : en ce qui concerne les réglementations et processus de certification futurs dans le domaine de l'innovation pour les produits médicaux, qui est liée au relevé et à l'analyse des données ainsi qu'à leur analyse prédictive, l'incertitude reste importante. La clause de responsabilité actuellement appliquée pour diverses innovations de ce type (« Ne pas utiliser pour les décisions cliniques ») n'est pas à proprement parler un argument marketing. L'Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux (FDA) a récemment donné pour la première fois son accord à une application clinique d'apprentissage profond basée sur la technologie de Cloud. Autrement dit, les processus institutionnels restent à définir dans ce domaine. Signalons à ce propos les récents développements de la réglementation des logiciels médicaux en Suisse (CSS, 2018).
- Capital humain : du côté de l'offre, grâce à ses excellents établissements d'enseignement supérieur, la Suisse dispose d'un marché sain et bien doté en scientifiques qualifiés et en ingénieurs dans le domaine de la science des données pour les applications biomédicales. Du côté de la demande (p. ex. dans les hôpitaux ou les autres institutions de santé), la situation est en revanche moins claire. La formation du personnel est une condition essentielle pour que le potentiel disruptif de l'IA et des données massives soit utilisé. En Suisse, la nouvelle loi fédérale sur les professions de la santé (LPSan) doit entrer en vigueur en 2020 et mettre les métiers de la santé sur la bonne voie. Mais les progrès sont très lents.
- Cadre institutionnel et politique en Suisse : l'organisation cantonale très décentralisée du système suisse de santé exerce une influence à de nombreux niveaux sur l'innovation.

Initiatives de la Confédération et des cantons

À l'ère de l'IA et des données massives, les réseaux recèlent un pouvoir énorme. La valeur des nouveaux services où la récolte et le traitement des données sont combinés pour développer l'analyse prédictive dépend largement de la taille du réseau de patients ou d'hôpitaux. À cet égard, les frontières cantonales apparaissent bien étroites et l'espace fonctionnel des innovations ne coïncide pas avec les territoires cantonaux. Il est indispensable de miser sur des espaces fonctionnels permettant de dépasser les frontières cantonales et d'appliquer cette logique à des sujets comme les nouvelles prestations de service novatrices dans le secteur de la santé.

Les cantons détiennent peut-être la plus forte influence sur l'innovation dans le domaine de l'organisation et de la coordination du changement numérique parmi les acteurs du secteur de la santé. Cette remarque vaut en particulier pour ceux qui disposent d'un hôpital universitaire et d'institutions de formation supérieure (p. ex. Genève, Vaud, Bâle, Berne et Zurich). Songeons par exemple à la nomination d'un responsable médical pour une meilleure coordination entre l'EPFZ, l'Université de Zurich et les hôpitaux, à l'étroite coopération entre le Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) et l'IC School de l'EPFL, à la longue coopération entre l'Université et l'Hôpital de Bâle et au rôle des hautes écoles spécialisées en lien avec de nombreux partenariats

(regroupement sous un même toit de toutes les disciplines pertinentes des sciences informatiques aux prestations de services de santé).

La stratégie « eHealth Suisse 2.0 », élaborée par la Confédération et les cantons, propose un cadre au développement de diverses initiatives visant à utiliser les possibilités numériques pour une meilleure coordination des services de santé et l'encouragement de l'innovation. Le dossier électronique du patient (DEP) fournit un bon exemple à cet égard. Du point de vue juridique - loi fédérale sur le dossier électronique du patient (LDEP) et loi fédérale relative à la recherche sur l'être humain (LRH) – les décisions importantes concernant le relevé, l'enregistrement, l'effacement et l'utilisation des données relèvent du patient, qui peut ajouter ou éliminer des informations et qui ne saurait être contraint de participer à la constitution du DEP. Cette situation limite la possibilité de développer un système incluant les données de toutes les personnes. En outre, l'insécurité juridique n'est toujours pas dissipée quant à savoir si les données du DEP pourront être accessibles aux chercheurs. Dans un tel contexte, le risque est réel de manquer des opportunités quand bien même des interventions politiques sont actuellement en cours pour modifier cette situation juridique.

Enfin, on pourrait aussi modifier le cadre juridique du système de l'assurance-maladie, afin que les innovations ne soient pas entravées. Telle est par exemple la proposition avancée dans le rapport « Mesures visant à freiner la hausse des coûts dans l'assurance obligatoire des soins (AOS) » publié en 2017. Un article relatif à l'expérimentation pourrait être ajouté dans la LAMal dans le but de permettre les innovations et l'essai de nouveaux modèles en vue d'atténuer les coûts.

3.4.5 Conclusion

Le système de santé suisse est à la croisée des chemins eu égard aux défis et opportunités de l'IA et des données massives, des technologies qui offrent de nombreuses solutions pour éliminer les inefficacités opérationnelles dans l'organisation du secteur de la santé, qui induisent des processus intelligents dans la prestation et la coordination des services de santé et qui, de ce fait, permettent d'exploiter de nouvelles sources pour améliorer la productivité. Il bénéficie d'une offre importante de découvertes scientifiques et de qualifications académiques, d'institutions innovantes et de réseaux institutionnels aux niveaux de la Confédération et des cantons dans le domaine des applications de santé basées sur l'IA et les données massives de même que d'un nombre considérable d'initiatives d'entreprises avec lesquelles de nouveaux modèles d'affaires sont développés et testés. Pour reprendre l'expression de Cutler : « Yes, healthcare entrepreneurs are now here ! » Une offre d'un dynamisme aussi puissant devrait entraîner le développement et la diffusion de nombreuses solutions innovantes pour nombre de problèmes de coordination et de mise en œuvre dans le secteur de la santé. Mais sur le versant de la demande²⁶ ce système n'est pas encore tout à fait prêt à utiliser à plein la révolution qui se prépare. Abstraction faite de certaines exceptions

importantes, il est clair que les hôpitaux n'ont pas encore procédé à la transition numérique, notamment dans l'utilisation des données massives et de l'analyse prédictive visant à soutenir les processus médicaux et cliniques et à améliorer les décisions opérationnelles. Ce changement implique de nombreux défis dans la formation du personnel et de nouveaux types de qualification dans les hôpitaux, il suppose d'importants investissements dans les infrastructures physiques, des mécanismes de coordination solides avec les institutions spécialisées dans l'IA et dans la science des données ainsi que le développement d'une nouvelle « culture épistémique »²⁷. Dans ce contexte resurgit l'histoire récurrente de la technologie universelle (cf. note 12), selon laquelle l'exploitation du potentiel de productivité d'une technologie universelle (comme l'IA et les données massives) requiert d'importants changements organisationnels et de la composition du personnel, qui demandent du temps, entraînent des coûts d'adaptation élevés et impliquent des délais de mise en œuvre et de restructuration. Pour des raisons évidentes, ces délais pourraient être plus importants dans le secteur de la santé que dans la plupart des autres secteurs de services.

3.4.6 Méthodologie

Données de publications

Avec la banque de données Scopus, les données de publications relatives à l'apprentissage automatique ont été recueillies. Pour réunir les publications traitant de l'apprentissage automatique dans le secteur de la santé, des combinaisons typiques de termes associés à l'apprentissage automatique apparaissant dans les titres, les mots clés et les résumés d'articles scientifiques ont été utilisées comme critère de recherche dans Scopus. Pour déterminer les combinaisons de termes employées dans les requêtes de recherche, les travaux de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) ont servi de base pour dresser un panorama de l'innovation dans l'intelligence artificielle.

Après avoir rassemblé toutes les publications relatives à l'apprentissage automatique, le champ de requêtes a été limité – en se servant de la catégorisation par discipline de Scopus – aux domaines médicaux suivants : médecine, neurologie, psychologie, professions de la santé, médecine dentaire, immunologie, soins infirmiers et médecine vétérinaire.

Données de brevets

Pour recueillir les données de brevets, la base de données Patstat a été interrogée à travers la requête utilisée par l'OMPI pour identifier les brevets en apprentissage automatique. Les brevets sont sélectionnés sur la base des codes CIB et d'une combinaison de termes associés à l'apprentissage automatique. Après la consti-

tution d'une base de données de brevets en apprentissage automatique, les documents recensés ont été limités à ceux en lien avec des applications médicales, en sélectionnant les brevets répondant aux codes CIB du sous-domaine des technologies médicales (codes CIB A61B, C, D, F, G, H, J, L, M, N ; classification de l'OMPI).

Enquête hospitalière

Pour dresser la liste des hôpitaux suisses, les institutions médicales accomplissant au moins 10 000 actes médicaux (consultations, opérations, etc.) en moyenne par an ont été sélectionnées. Ensuite, les coordonnées de chacune d'entre elles à partir de leur site Internet ont été réunies. Finalement, 229 hôpitaux de toute la Suisse figuraient sur cette liste. L'enquête a consisté en 23 questions sur l'intégration de l'intelligence artificielle et des techniques de big data dans les hôpitaux. 62 formulaires d'enquête ont été retournés, dont 34 étaient remplis intégralement.²⁸

3.5 Conclusions

Partant des problématiques mentionnées en introduction, les études de cas visant les innovations dans les domaines des services marchands à forte intensité de savoir, des banques et de la santé conduisent aux conclusions suivantes. Dans ce contexte, il faut avoir à l'esprit la grande hétérogénéité et la diversité des services, qui n'autorisent guère les généralisations valables.

1) Les innovations dans le domaine des services étudiés et les innovations plutôt traditionnelles dans l'industrie présentent des différences fondamentales :

- Si les enquêtes standards à ce stade couvraient les innovations de procédé et de produit dans les entreprises industrielles établies, les innovations de services tels que les services marchands à forte intensité de savoir ou les services FinTech correspondent souvent à des modèles d'affaires ou d'exploitation inédits. Les innovations concernent l'interface avec la clientèle et dépassent le périmètre des entreprises individuelles. Lorsqu'elles sont liées à la numérisation, les innovations dans les services marchands à forte intensité de savoir provoquent souvent un véritable processus de transformation des entreprises, de leur organisation et des interactions avec les clients et les partenaires.
- Les prestations de services marchands à forte intensité de savoir sont fournies en co-création grâce à l'apprentissage et au développement conjoints des fournisseurs et des demandeurs au cours de l'élaboration de solutions spécifiques aux clients. Ainsi, dans les services marchands à forte intensité de savoir, les innovations surviennent généralement grâce à des coopérations au sein d'un réseau ou à l'apprentissage sur le tas face à un cas concret à résoudre. Ces innovations présentent une certaine singularité et ne sont guère reproductibles.

²⁶ La notion de «versant de la demande» n'est pas tout à fait correcte en l'occurrence, car les hôpitaux jouent un rôle essentiel dans l'élaboration conjointe des applications d'IA et de données massives.

²⁷ Une culture épistémique peut se définir comme la méthodologie appliquée par un groupe professionnel pour déterminer les meilleures pratiques dans son domaine (Foray, 2004).

²⁸ Nicolas Rosat (DSI-CHUV) a livré ses commentaires sur une version préliminaire de cette enquête.

2) Les innovations permises par la numérisation dans les services analysés ont les effets suivants sur le changement structurel :

- Le potentiel de changement disruptif induit par les innovations liées à la numérisation est important dans les services. Les moteurs de tels changements sont des modèles d'affaires inédits rendus possibles par le développement technologique. De nombreuses innovations sont réalisées par de jeunes pousses. Le taux de créations (nombre de création en relation au nombre total d'entreprises) est supérieur à la moyenne pour les services marchands à forte intensité de savoir.
- La part des services à forte intensité de savoir dans la valeur ajoutée totale, élevée en Suisse en comparaison internationale, continue d'augmenter. La numérisation modifie rapidement et durablement les schémas de création de valeur et les relations à l'intérieur des chaînes de production de valeur. La répartition des parts de création de valeur entre les différents acteurs se modifie. De nouveaux acteurs gagnent des parts. La position d'acteurs déjà présents change fortement selon les circonstances. C'est ainsi que le domaine de la prestation de services, qui est étroitement lié aux établissements de crédit, sans pourtant les intégrer, a nettement augmenté sa part de création de valeur, en particulier en mettant à disposition des places de marché physiques et électroniques pour faciliter le négoce des produits financiers. Cette évolution est probablement liée, entre autres, à l'apparition d'activités FinTech.
- S'agissant des services modernes (à forte intensité de savoir), les valeurs des indicateurs « innovations », « part des produits innovants au chiffre d'affaires » et « réduction des coûts due à l'innovation » se situent légèrement à nettement en dessous des valeurs de l'économie dans son ensemble. Mais ces deux groupes de valeurs ne diffèrent guère sous l'angle de leur tendance temporelle (Spescha & Wörter, 2018).
- Dans presque toutes les catégories d'innovation relevées parmi les services modernes, on constate une baisse tant des intrants (ressources) que des extrants (résultats). La productivité du travail des entreprises actives dans les services à forte intensité de savoir a également reculé depuis 2007 : elle était en 2015 légèrement inférieure à celle de 2003 (Schiersch & Gehrke, 2018). Les entreprises de services à forte intensité de savoir étant moins productives et moins innovantes, leur contribution et leur soutien comme moteur et vecteur d'innovation, de ce fait leur concours à la compétitivité de la Suisse devraient avoir tendu à baisser.
- Il est notoire que l'innovation ne peut amender que difficilement les services de santé en ce qui concerne leur mise à disposition, leur prestation et leur coordination. À l'instar des nombreux services, ceux fournis dans le secteur de la santé offrent à la main-d'œuvre intelligente un espace d'apprentissage, d'amélioration des pratiques et de test des nouvelles manières de travailler. Le domaine de la santé est aussi un grand utilisateur et intégrateur d'innovations liées aux techniques de l'information et des communications (TIC). Les processus d'innovation formels qui reposent sur la recherche et développement sont d'importance secondaire dans ce contexte. Une série d'obstacles et de difficultés entravent l'entrée d'entreprises dans cette branche pour y tester de nouveaux modèles d'affaires. C'est pourquoi

l'innovation est très informelle (apprentissage sur le tas) et/ou dominée par des fournisseurs de technologies (p. ex. dans le domaine des infrastructures TIC).

3) Il existe d'importants potentiels d'innovation, mais aussi des entraves effectives, s'agissant d'améliorer la productivité des divers services :

- Les potentiels d'amélioration de la productivité de quelque importance résident surtout dans le déploiement et le développement de nouveaux modèles d'affaires et d'exploitation, dans la réforme de l'organisation et dans l'engagement de personnel adéquatement qualifié.
- Dans le domaine des services, nombre d'innovations ne peuvent pas être développées en laboratoire pour être ensuite transposées sur le marché. Il s'agit plutôt de développements obtenus par des tentatives dans la pratique, c'est-à-dire d'expérimentations, d'essais, de tâtonnements et de tests sur le terrain. La politique devrait ménager des facilitations et des espaces appropriés à cet effet. Les jeunes pousses devraient aussi pouvoir se former et se développer aussi simplement que possible. Dans le secteur financier, le législateur a préparé le terrain dans ce sens.
- La Suisse est fondamentalement bien dotée pour aborder la mutation numérique dans les domaines des infrastructures, des matériels et logiciels existants, de la qualification du personnel et de la réglementation en vigueur. Mais la mise en œuvre et la réalisation des opportunités qui se présentent sont modérées. Pour une large part, les raisons de cette situation sont à chercher du côté des demandeurs, qui décident de l'application : on observe une aversion au risque, une pression concurrentielle trop faible et des barrières culturelles au sein des entreprises.
- En ce qui concerne les soins de santé, plusieurs études prévoient une subite et forte croissance de la productivité. Ce gain de productivité pourrait contribuer à un rattrapage considérable dans ce domaine par rapport aux secteurs phares à cet égard. Cette évolution pourrait à son tour atténuer l'augmentation des dépenses de santé, de sorte que ce facteur soit au moins ramené au niveau d'autres inducteurs de coûts (comme les facteurs démographiques, l'immigration, etc.). Un autre changement structurel potentiel consiste en ce que la numérisation fournit un accès au secteur de la santé à de nouveaux acteurs (p. ex. de jeunes pousses), mais aussi à de grandes entreprises (comme Google ou Siemens) capables de combiner l'analyse exigeante de grands volumes de données avec de puissantes capacités d'ingénierie.

4) La formation, la formation continue et l'intensification de l'interconnexion peuvent apporter une contribution essentielle au renforcement des innovations dans les services à forte intensité de savoir :

- Dans le cadre d'une utilisation optimale du potentiel de la numérisation, l'intégration et partant les interactions synergétiques aussi ouvertes que possible entre les trois domaines de la technologie (TIC / informatique), de l'activité proprement dite et de l'analyse de rentabilité (secteur financier, services de santé, etc.) ainsi que les conditions juridiques cadres (affaires juridiques, compliance, etc.) jouent un rôle essentiel. Il est indispensable

de disposer d'un personnel capable d'intégrer ces aspects. C'est pourquoi les offres de formation devraient rapprocher ces trois domaines en fonction des problématiques. En conséquence, il faudrait développer des offres de cursus correspondants tant au niveau tertiaire (EPF, universités et hautes écoles spécialisées) que dans la formation professionnelle.

- La même remarque s'applique à la formation et à la formation continue dans le domaine de la santé, en vue d'exploiter l'IA et les données massives. Il serait souhaitable que les programmes d'enseignement comprennent et transmettent les nouvelles capacités en ingénierie (p. ex. l'analyse des données, la recherche sur les données) en les combinant avec des facultés telles que la pensée critique, la prise de décision et l'entregent.
- Il faut saisir proactivement les chances de coopération. La coopération entre des groupes de banques ou d'hôpitaux en vue de développer et d'appliquer des innovations dans les services et, ce faisant, des solutions d'infrastructure conjointes correspondantes, peut nettement réduire les coûts, accroître l'efficacité et améliorer la qualité des services.
- Les innovations dans le domaine de la santé doivent franchir des barrières effectives : la capacité, la préparation et la disposition des groupes d'intérêts en vue d'introduire, d'utiliser et d'appliquer de nouveaux systèmes de soins de santé basés sur l'apprentissage automatique et les données massives, tant du côté de l'offre (médecins, techniciens et personnel soignant) que du côté de la demande (patients). Une telle entreprise implique de nombreux défis, par exemple : la nécessité d'un développement professionnel dans la perspective de nouvelles capacités et compétences, l'attitude positive des patients envers l'utilisation et la transmission de données cliniques privées, la réorganisation et la restructuration de nombreux processus de prestation et de coordination des soins de santé, ainsi qu'un changement dramatique de la culture épistémique dominante au sein du corps médical.

5) En ce qui concerne le monitoring des innovations dans le secteur des services, il faut adapter et élargir les enquêtes établies et quantitatives en la matière, afin de mieux saisir les caractéristiques spécifiques des innovations dans le domaine visé :

- Les actuelles enquêtes quantitatives standardisées effectuées systématiquement en matière d'innovation à l'aide d'indicateurs basés sur des intrants (ressources) et des extrants (résultats), tels que les dépenses de R-D ou les brevets, ne couvrent pas ou mal les particularités des innovations typiques des services. C'est pourquoi elles ne sont pas vraiment informatives. À titre d'exemples, citons les particularités suivantes : le développement d'innovations grâce à l'étroite coopération du fournisseur et de l'utilisateur (cocréation), qui peut aller jusqu'à des interactions dans les systèmes apprenants ; le rôle toujours plus proactif des utilisateurs de l'innovation ; la concentration sur de nouveaux modèles d'affaires impliquant la transformation des entreprises et des relations aux clients. Les innovations liées à la numérisation et à des modèles d'affaires inédits s'appuient pour une part importante sur la saisie des données, l'accès à celles-ci et l'analyse prédictive / prescriptive ou sur le développement et l'utilisation de places de marché virtuelles.

- Le monitoring de l'innovation exige donc que soient développés de nouveaux indicateurs plus proches de la conception sous-jacente des innovations propres aux services et, en particulier, des innovations numériques qui leur sont liées. Il faudrait aussi saisir et évaluer davantage différents types de coopérations en matière d'innovation et de travaux de développement en réseau (analyses de réseau).
- Il devrait s'avérer difficile de saisir la grande hétérogénéité et la grande diversité des services ainsi que le caractère spécifique de telles innovations en recourant à des indicateurs quantitatifs encore à développer. C'est pourquoi des études de cas sur les innovations dans le domaine des services pourraient être de grande utilité à titre complémentaire et en se focalisant sur les spécificités du domaine visé. Ces études de cas, qui devraient couvrir l'intégralité des chaînes ou des systèmes de production de valeur, devraient examiner les modifications de leur structure et de leur fonctionnement ainsi que les changements survenant au cours des activités d'innovation dans la répartition des parts de valeur ajoutée.





Paysage de l'innovation : le tunnel de base du Saint-Gothard, qui est le plus long tunnel ferroviaire du monde, est opérationnel depuis fin 2016. De son côté, le tunnel de base du Ceneri devrait voir achevée la construction de sa ligne de plaine à travers les Alpes d'ici à la fin 2020. En vue de la hausse de la demande qui en résultera, les Chemins de fer fédéraux (CFF) ont commandé au Stadler Rail Group, fabricant suisse de véhicules ferroviaires, des rames automotrices pouvant rouler jusqu'à 250 km/h. Illustration : Keystone, Ennio Leanza

PARTIE C : INTRODUCTION AUX ÉTUDES 4 & 5

**Analyse du transfert de savoir
et de technologie en Suisse**

Les études 4 et 5 analysent le transfert de savoir et de technologie (TST) entre les hautes écoles et les entreprises. Le Centre de recherche conjoncturelle (KOF) de l'EPFZ s'est penché sur les entreprises, tandis que la Haute école économique de la HES Nordwestschweiz (FHNW) a étudié le rôle des instituts scientifiques. Deux enquêtes séparées ont été conduites, l'une du côté des entreprises et l'autre auprès des instituts scientifiques. La présente introduction résume les principaux résultats à partir d'une série d'indicateurs essentiels communs aux deux enquêtes.¹ Des informations détaillées sur ces dernières et des analyses plus approfondies se trouvent dans les chapitres suivants.

Fréquence du TST

Environ un quart des entreprises ont eu des contacts de TST avec des hautes écoles suisses et environ 5 % (aussi) avec des hautes écoles étrangères; ce rapport démontre l'importance prépondérante des hautes écoles suisses pour les entreprises suisses par rapport au domaine des hautes écoles étrangères (graphique C 4/5.1). En matière de TST, les instituts scientifiques ont également plus souvent affaire aux entreprises suisses (78 %) qu'aux entreprises étrangères (61 %). Plus de la moitié des instituts indiquent collaborer aussi bien avec des partenaires suisses qu'avec des partenaires étrangers. Les hautes écoles de Suisse sont souvent aussi des partenaires de TST intéressants pour les entreprises étrangères, qui leur permettent de renforcer leur recherche en leur donnant accès aux connaissances et au savoir-faire d'autres pays.

Formes du TST

a) Comparaison en fonction des catégories TST

Le TST peut prendre de nombreuses formes très spécifiques allant des simples contacts personnels à des contrats formels de collaboration. Si l'on regroupe ces différentes formes dans des catégories pour une vue d'ensemble, on remarque que les entreprises comme les instituts scientifiques misent en premier lieu sur les contacts informels et les formes de transfert fondées sur la formation (graphique C 4/5.2a). Les instituts attribuent à la recherche et au développement une importance nettement plus grande en tant que mécanisme de transfert que les entreprises.

b) Comparaison en fonction des formes spécifiques de TST les plus importantes

La forme spécifique la plus fréquente du TST est celle des contacts courants des entreprises avec des membres des hautes écoles, par exemple par téléphone ou par courriel (graphique C 4/5.2b). Les autres formes spécifiques de la catégorie « Contacts informels » sont la participation à des conférences, à des expositions, à des ateliers et à d'autres événements analogues dans des institutions de recherche publiques, ou encore la consultation de publications

scientifiques. Cette dernière forme de TST se fait d'ailleurs souvent à l'insu des chercheurs, ce qui explique qu'elle soit moins souvent citée par ces derniers comme mécanisme important d'échange de savoir.

Pour les entreprises, les principales formes spécifiques de TST fondées sur la formation sont le recrutement de diplômés des hautes écoles et la fréquentation par leurs collaborateurs de cours de formation continue dans des hautes écoles. Pour les instituts scientifiques, les contacts avec des diplômés dans les entreprises, les stages d'étudiants et les travaux de diplôme réalisés en collaboration avec des entreprises jouent un rôle plus important. Environ 55 % des instituts estiment que les coopérations de recherche représentent un mécanisme important du transfert de savoir, et près d'un tiers qualifient les mandats de recherche comme tel.

Motivation du TST

Du point de vue des entreprises, la principale motivation du TST est l'acquisition de compétences spécifiques pour compléter le savoir-faire interne. Les entreprises mentionnent le recrutement de diplômés et la formation initiale et continue de leurs collaborateurs comme autres motivations essentielles du TST – comme pour les formes de TST (graphique C 4/5.3). Du côté des instituts scientifiques, des motifs centrés sur les connaissances et l'application figurent au premier plan des motivations du transfert de savoir, suivis par des motifs financiers.

Obstacles au TST

Le graphique C 4/5.4 présente les principaux obstacles au TST du point de vue des entreprises, par opposition aux principaux obstacles mentionnés par les instituts scientifiques. Une distinction est opérée entre les instituts et entreprises actives dans le TST, d'un côté, et les instituts et entreprises non actives dans le TST, de l'autre.

Pour les entreprises sans activité de TST, ce sont en particulier le manque de temps, le manque d'intérêt pour la recherche des hautes écoles, une faible valorisation commerciale des résultats de la recherche et un manque de moyens financiers dans l'entreprise qui sont cités comme obstacles essentiels au premier lancement d'activités de TST (ces obstacles forment des seuils d'entrée au TST). Il est intéressant de noter que les instituts n'ayant pas d'activité de TST considèrent le manque d'intérêt des entreprises comme le principal obstacle à l'échange de savoir. À leurs yeux, le manque de ressources joue à cet égard un rôle moins important, ce qui pourrait éventuellement s'expliquer par le fait que les instituts qui ne collaborent pas avec des entreprises n'ont pas réellement conscience des problèmes auxquels ces dernières sont confrontées. En deuxième et troisième place, les instituts mentionnent des raisons internes comme des incompatibilités de calendrier et d'autres conflits avec l'enseignement et la recherche.

D'autres obstacles au TST sont un manque d'intérêt pour les projets scientifiques et un désintérêt supposé des hautes écoles pour les questions de recherche spécifiques à l'entreprise. Dans les instituts scientifiques, en revanche, c'est la charge de l'ensei-

¹ Du fait que l'objet des deux études diffère, les deux enquêtes n'utilisent pas exactement les mêmes catégories. C'est pourquoi il est possible que les résultats présentés dans cette introduction soient légèrement différents de ceux détaillés dans les études ci-après (par exemple concernant les formes, les motivations et les obstacles relatifs au TST). Ces variations n'ont cependant pas d'incidence sur les principaux résultats.

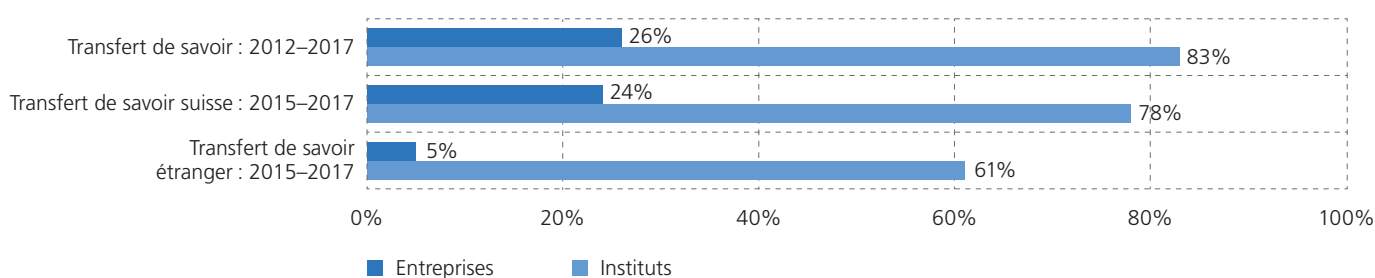
gnement qui est au premier plan, ainsi que les financements insuffisants de la part des entreprises concernées et d'autres bailleurs potentiels. S'y ajoutent les difficultés inhérentes à la recherche d'interlocuteurs appropriés dans les hautes écoles et la lourdeur des procédures administratives et d'approbation.

Il faut enfin noter que les obstacles cités pour un premier lancement d'un TST sont souvent aussi très importants pour intensifier un TST existant.

Résumé

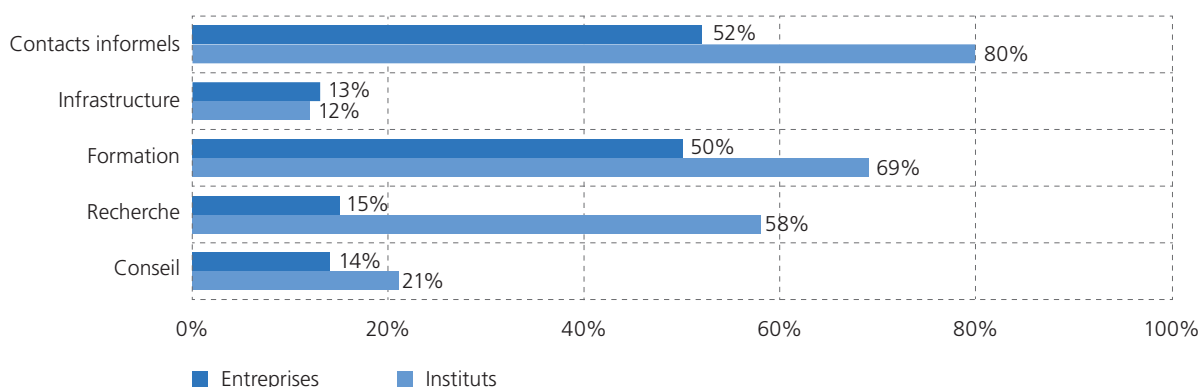
Au cours de la période considérée, c'est-à-dire entre 2012 et 2017, environ 25 % des entreprises et près de 80 % des institutions scientifiques ont déployé des activités de TST. Dans la plupart des cas, le TST passe par des contacts personnels non formalisés. La recherche de compétences spécifiques pour compléter le savoir-faire interne et le recrutement de diplômés sont les principaux motifs du TST pour les entreprises. Pour les institutions scientifiques, les premières motivations sont le renforcement de la recherche scientifique et la résolution de problèmes pratiques d'ordre économique, social ou technique. L'instauration ou l'intensification d'activités de TST se heurtent cependant souvent au désintérêt mutuellement supposé de l'autre partie, au manque de ressources et aux difficultés de financement. Les entreprises actives dans le TST se plaignent de la difficulté souvent éprouvée d'identifier un interlocuteur approprié pour le TST dans les institutions scientifiques.

Graphique C 4/5.1 : Fréquence du TST



Source : enquête FHNW auprès des hautes écoles (2018); enquête KOF TST (2018)

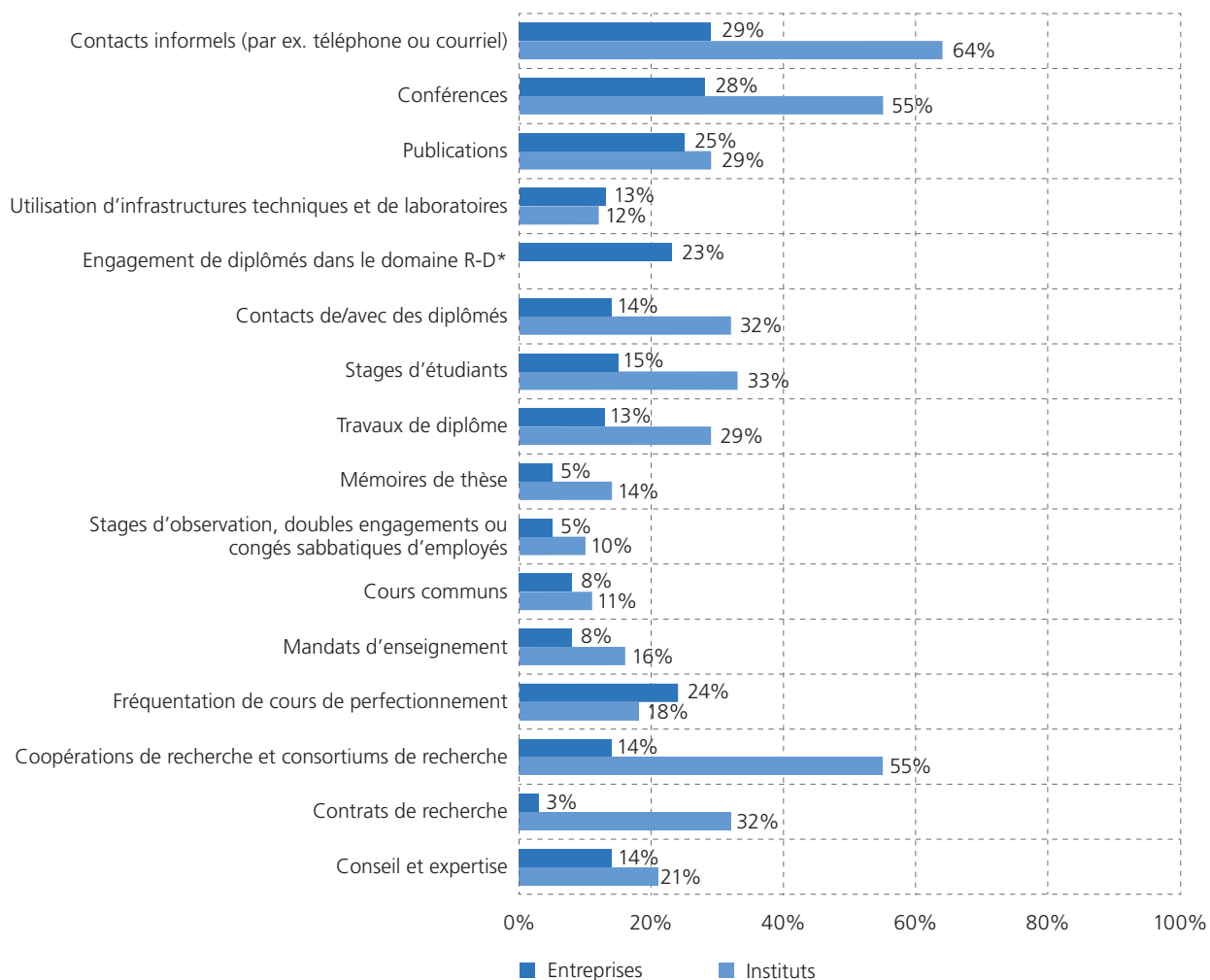
Graphique C 4/5.2a : Comparaison des formes de TST par catégorie, 2012–2017



Ce graphique compare les parts respectives des entreprises et des instituts scientifiques suisses ayant eu des activités de TST entre 2012 et 2017 et ayant attribué une grande ou très grande importance (valeur de 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5) à au moins une forme de TST.

Source : enquête FHNW auprès des hautes écoles (2018) ; enquête KOF TST (2018)

Graphique C 4/5.2b : Comparaison des formes de TST prises isolément, 2012–2017



*aucune donnée disponible pour les instituts

Ce graphique compare les parts respectives des entreprises et des instituts suisses ayant eu des activités de TST entre 2012 et 2017 et ayant attribué une grande ou très grande importance (valeur de 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5) à au moins une forme de TST.

Source : enquête FHNW auprès des hautes écoles (2018) ; enquête KOF TST (2018)

Graphique C 4/5.3 : Principales motivations du TST pour les entreprises et les instituts ayant des activités de TST

Instituts	Entreprises
I. Renforcement de la recherche scientifique de l'institut II. Résolution de problèmes pratiques d'ordre économique, social ou technique III. Moyens supplémentaires pour la recherche, l'infrastructure, la formation, etc.	I. Acquisition de compétences spécifiques pour compléter le savoir-faire interne II. Recrutement de diplômés III. Formation des collaborateurs IV. Application de résultats de la recherche pour développer de nouveaux processus

Ce graphique présente les principales motivations des entreprises et des instituts actifs dans le TST. Il se limite au quartile supérieur des réponses, c'est-à-dire aux 25 % les plus souvent mentionnés parmi tous les motifs considérés comme ayant une grande ou très grande importance (valeurs de 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5). Les motifs sont classés selon la fréquence avec laquelle ils ont été mentionnés, en commençant par les plus souvent mentionnés.

Source : enquête FHNW auprès des hautes écoles (2018) ; enquête KOF TST (2018)

Graphique C 4/5.4 : Principaux obstacles au TST

	Instituts	Entreprises
Actifs dans le TST	I. Charge trop importante liée à l'enseignement ou à d'autres tâches (administration, travail pratique, etc.) II. Ressources insuffisantes dans l'entreprise pour collaborer avec la science III. Difficultés de financement	I. Interlocuteur dans les hautes écoles II. Ressources temporelles des entreprises III. Manque d'intérêt pour la recherche des hautes écoles IV. Valorisation commerciale V. Moyens financiers des entreprises VI. Procédure d'approbation
Non actifs dans le TST	I. Manque d'intérêt des entreprises pour le travail ou les thèmes traités II. Charge trop importante liée à l'enseignement ou à d'autres tâches (administration, travail pratique, etc.) III. Perturbation possible des tâches clés (p. ex. dans la recherche fondamentale)	I. Ressources temporelles des entreprises II. Manque d'intérêt pour la recherche des hautes écoles ou les projets scientifiques III. Désintérêt supposé des hautes écoles IV. Valorisation commerciale V. Moyens financiers des entreprises

Ce graphique présente les principaux obstacles au TST des points de vue des entreprises et des instituts actifs ou non dans le TST. Il se limite au quartile supérieur des réponses, c'est-à-dire aux 25 % les plus souvent mentionnés parmi tous les motifs considérés comme ayant une grande ou très grande importance (valeurs de 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5). Les obstacles sont classés selon la fréquence avec laquelle ils ont été mentionnés, en commençant par les plus souvent mentionnés.

Source : enquête FHNW auprès des hautes écoles (2018) ; enquête KOF TST (2018)

PARTIE C : ÉTUDE 4

**Analyse du transfert de savoir et
de technologie en Suisse du point
de vue des entreprises**

Synthèse

La présente étude analyse l'ampleur et l'efficacité du transfert de savoir et de technologie (TST) entre les hautes écoles et les entreprises du secteur privé en Suisse. À cet égard, les auteurs ont réalisé une enquête écrite auprès de quelque 6000 entreprises et ont procédé à des estimations économétriques. Les résultats de l'étude montrent clairement le haut degré de pertinence du TST en Suisse. Les contacts informels ainsi que les activités de formation initiale et continue sont les formes de transfert les plus importantes. Les services de transfert de technologie et l'agence d'encouragement Innosuisse sont les principaux intermédiaires et acteurs du TST. Les institutions du domaine des EPF et les hautes écoles spécialisées sont les partenaires de transfert les plus fréquents des entreprises. Le nombre de raisons qui empêchaient les entreprises de participer au TST a globalement diminué au fil du temps. Les conditions requises qui font défaut dans les entreprises constituent fréquemment une entrave à la participation au TST. Certaines entreprises actives dans le domaine de la R-D citent certaines lacunes des hautes écoles comme barrières d'accès au TST. En font par exemple partie le manque d'information, les conditions requises qui font défaut pour procéder à l'échange de savoir-faire dans les hautes écoles, les aspects liés aux coûts et aux risques ainsi que les obstacles organisationnels et institutionnels.

Les résultats les plus importants de l'étude se présentent comme suit :

- Globalement, la proportion des entreprises actives dans le TST reste constante depuis longtemps en Suisse. On remarque à ce propos que la proportion de ces entreprises dans l'industrie ainsi que dans le groupe des grandes entreprises s'est accrue pendant la période considérée 2005 à 2018. En revanche, les activités de transfert de ces entreprises actives dans le TST avec les hautes écoles étrangères ont diminué
- Les contacts informels ainsi que les activités de formation initiale et continue sont les principales formes de transfert. Par ailleurs, des coopérations de recherche et l'utilisation de l'infrastructure technique des hautes écoles sont relativement importantes dans le secteur de la haute technologie. Les entreprises de construction ont vu l'importance de leurs prestations de conseil s'accroître.
- Les services de transfert de technologie ainsi qu'Innosuisse sont les intermédiaires et promoteurs les plus importants du TST. Au fil du temps, c'est avant tout l'importance des services de transfert de technologie qui s'est accrue, avec des différences notables selon les secteurs
- Les institutions du domaine des EPF et les hautes écoles spécialisées sont les partenaires de transfert les plus fréquents des entreprises. Les entreprises diversifient leurs activités de transfert selon le type de haute école, les grandes entreprises se diversifiant plus fortement que les PME.
- L'accès au savoir spécifique et personnel constitue le motif le plus fréquemment cité par les entreprises pour le TST. En revanche, les motifs financiers pour le TST ont perdu de leur importance. Au fil du temps, on observe que le savoir explicite, c'est-à-dire l'accès aux résultats de recherche et à l'infrastructure des hautes écoles, est devenu plus important.
- Les raisons qui empêchaient les entreprises de participer au TST ont globalement diminué au fil du temps. Les conditions requises qui font défaut dans les entreprises constituent fréquemment une entrave à la participation au TST. Les grandes entreprises et le secteur de la haute technologie sont fréquemment découragés par les coûts et les risques liés au transfert de savoir.
- Des dépenses accrues de recherche et de développement, un niveau de formation plus élevé, une culture ouverte de l'innovation et une orientation à l'exportation sont liés à une plus grande probabilité de TST. Les anciennes entreprises, les entreprises orientées à l'exportation, les entreprises comportant des dépenses plus élevées en R-D ou avec une proportion accrue de diplômés des hautes écoles sont en moyenne plus susceptibles d'exercer un TST que les entreprises dépourvues de ces caractéristiques ou dont ces dernières sont moins marquées.
- Le TST est en corrélation positive avec le succès d'innovation des entreprises. Les entreprises qui ont des relations de TST avec les hautes écoles suisses sont plus susceptibles de créer de nouveaux produits et processus.
- Le TST va de pair avec un plus grand succès commercial de l'innovation et une compétitivité accrue des entreprises. Toutefois, les entreprises doivent réaliser des investissements dans la R-D afin que les activités de TST puissent également être mises en œuvre avec succès sur le plan commercial.
- Innosuisse ainsi que des programmes de l'UE renforcent les corrélation positives entre les activités de R-D et la performance d'innovation des entreprises actives dans le domaine du TST. Dans ce contexte, le principe d'« innovation ouverte » (« Open Innovation ») est directement et positivement corrélé avec la performance d'innovation des entreprises.
- Certaines entreprises actives dans le domaine de la R-D citent les lacunes partielles des hautes écoles comme barrières d'accès au TST. Il existe également une série d'entreprises actives dans le domaine de la R-D qui n'exercent aucun TST. Du point de vue de la politique économique, il convient d'accorder une grande attention à leur sentiment d'inhibition. Les entreprises avec des dépenses de R-D identifient nettement plus fréquemment le « manque d'information », « les conditions requises qui font défaut pour procéder à l'échange de savoir-faire entre les hautes écoles », « les aspects liés aux coûts et aux risques » et les « obstacles organisationnels et institutionnels » comme des barrières majeures au TST.
- La pertinence des barrières d'accès au TST est corrélée à l'orientation technologique de l'entreprise. Alors que, par exemple, les entreprises comportant une orientation microélectronique considèrent les « conditions requises faisant défaut dans les hautes écoles » et les « obstacles organisationnels et institutionnels » comme importants, ce sont avant tout les « aspects liés aux coûts

et aux risques » qui sont considérables dans le cas des entreprises orientées vers l'informatique.

- Une expérience dans le TST modifie les obstacles spécifiques à la technologie. « Les conditions requises qui font défaut dans les hautes écoles » perdent généralement de leur importance.

Contenu étude 4

4.1	Introduction	249
4.2	Caractéristiques du TST.	250
4.2.1	Ampleur et évolution du TST en Suisse	
4.2.2	Formes du TST	
4.2.3	Vecteurs et soutiens du TST	
4.2.4	Partenaires pour le TST	
4.2.5	Motivations pour le TST	
4.2.6	Caractéristiques des entreprises actives dans le TST	
4.3	Influence du TST sur la performance des entreprises . . .	255
4.4	Stratégie d'innovation, TST et performance des entreprises	258
4.5	Facteurs favorisant le TST et obstacles au TST	262
4.5.1	Obstacles au TST	
4.5.2	Obstacles au TST, caractéristiques et domaines technologiques des entreprises	
4.6	Conclusions	269

4 Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des entreprises

4.1 Introduction

Comme le souligne à maints égards le présent rapport, la Suisse est un pays où les entreprises connaissent un certain succès en termes d'activités innovantes ainsi que de diffusion d'innovations et de nouvelles technologies. Pourtant, les enquêtes régulières en matière d'innovation montrent que la proportion des innovateurs et celle des entreprises actives en R-D reculent en Suisse (Spescha & Wörter, 2018). Le transfert de savoir et de technologie (TST) entre les entreprises et les hautes écoles et institutions de recherche peut contribuer à améliorer la performance d'innovation des entreprises. Le principal objet de la présente étude est d'examiner ce lien et ses possibles implications pour la politique économique.¹

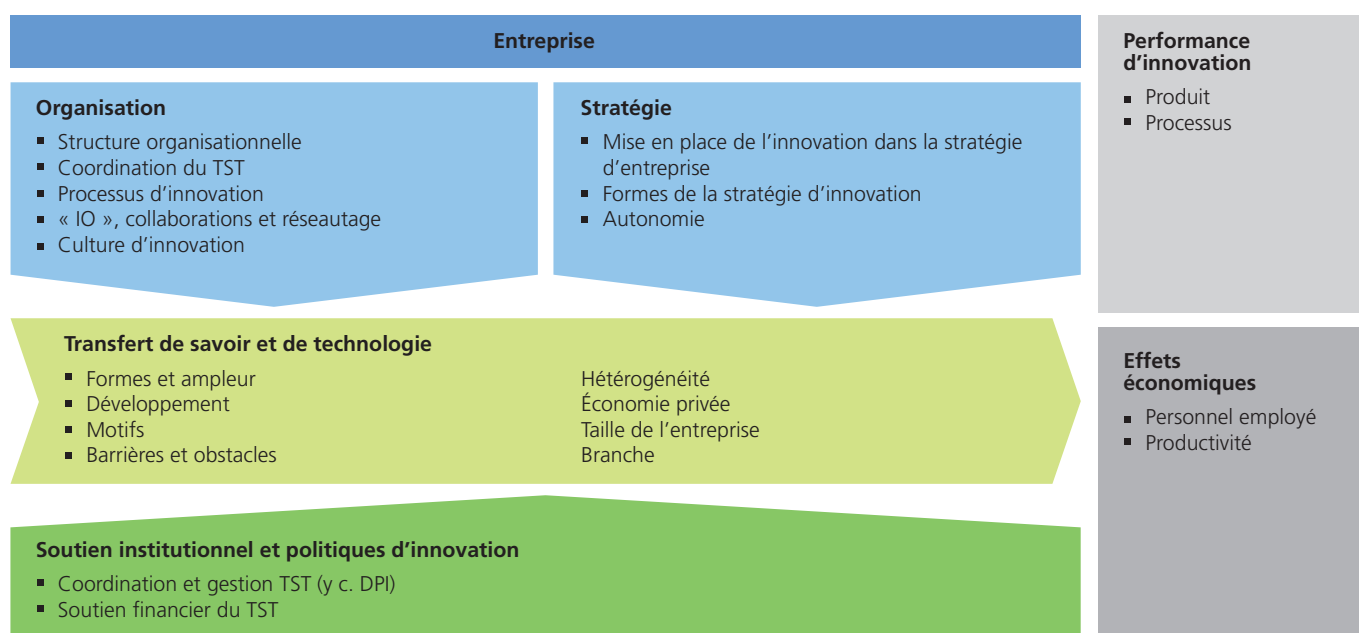
Cet examen se base principalement sur une enquête représentative menée en 2018 complétée par les résultats des deux enquêtes antérieures menées en 2005 et 2011.²

Cet examen descriptif est appuyé par des analyses économétriques permettant de déceler des corrélations entre le TST et la performance des entreprises, etc.

L'influence du TST sur la performance des entreprises dépend :
– de facteurs institutionnels (management, coordination et soutien des politiques d'innovation);
– de l'organisation et de la stratégie des entreprises.

Le graphique C 4.1 illustre les liens possibles entre ces facteurs et le TST dans un cadre conceptuel.³

Graphique C 4.1 : Cadre conceptuel du transfert de savoir et de technologie



IO : innovation ouverte
DPI : droits de propriété intellectuelle
Source : KOF

¹ Une série d'études ont montré que le transfert de savoir et de technologie (TST), est susceptible de stimuler l'activité d'innovation et la productivité des entreprises (Arvanitis et al., 2008a, 2008b; Laursen & Salter, 2006). En outre, une série d'études éclairent sur le plan conceptuel la relation entre la politique d'innovation et le succès de l'innovation (Beck et al., 2016, Beck et al., 2018).

² Les enquêtes comparables à l'étranger font défaut, raison pour laquelle il n'est pas possible de procéder à une comparaison internationale avec le même degré de précision.

³ Aucune causalité n'est avancée pour les corrélations présentées.

4.2 Caractéristiques du TST

Sur la base des résultats des enquêtes auprès des entreprises concernant leurs activités de TST, ce chapitre décrit les principales caractéristiques du TST en Suisse, à savoir : l'ampleur et l'évolution du TST en Suisse (4.2.1), les différentes formes que prend le TST (4.2.2), les vecteurs et soutiens du TST (4.2.3), les partenariats du TST (4.2.4), les motivations des entreprises pour s'engager dans le TST (4.2.5) et, enfin, les caractéristiques des entreprises qui le pratiquent (4.2.6).

4.2.1 Ampleur et évolution du TST en Suisse

Globalement, la proportion d'entreprises suisses qui pratiquent le TST apparaît constante au fil du temps : elle oscille entre 21 % et 24 % durant la période examinée (2005–2018). Toutefois, cette constance ne reflète pas la forte progression que les activités de TST ont connue dans les grandes entreprises et les entreprises du secteur industriel. Quant au TST avec les hautes écoles étrangères, il a plutôt diminué (voir le détail des données dans la version longue de l'étude).⁴

Nette augmentation du nombre d'entreprises industrielles et de grandes entreprises actives dans le TST

Dans l'industrie, les entreprises de haute comme de basse technologie sont concernées par une progression du TST.⁵ Dans ces secteurs, l'accès à des capacités complémentaires spécifiques et la quête de nouvelles impulsions de recherche constituent assez souvent une raison importante pour procéder à des activités de transfert. En revanche, la fréquence du TST tend à baisser légèrement dans le secteur des services (où le TST est exclusivement pratiqué dans les services traditionnels).⁶

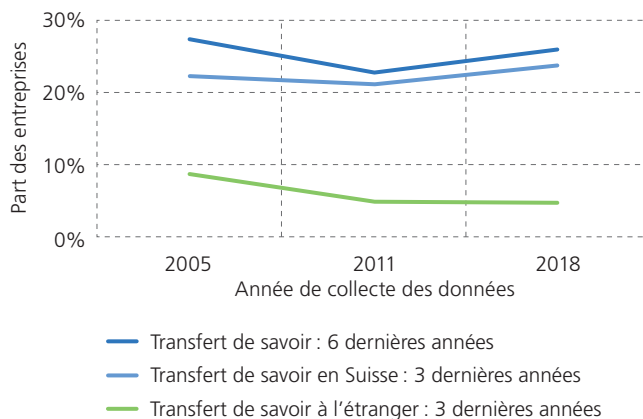
Si, en 2005, la moitié à peine des grandes entreprises de plus de 250 employés (équivalents plein temps) faisaient état d'une activité de TST, cette proportion a augmenté pour atteindre plus des deux tiers en 2018. La part des petites et moyennes entreprises (PME) actives dans le TST, en revanche, est restée relativement constante. Non seulement les grandes entreprises ont plus fréquemment une division R-D, mais elles disposent aussi généralement d'activités R-D plus variées, qui accroissent les possibilités de coopération avec le secteur des hautes écoles.

⁴ Ce résumé ne peut pas décrire tous les résultats de détail de l'enquête. Ces derniers se trouvent dans la version longue du rapport publiée sur www.sbf.admin.ch.

⁵ **Branches de haute technologie («high tech»)**: chimie, pharmacie, machines, électrotechnique, électronique/instruments, technologie médicale, horlogerie, véhicules. **Branches de basse technologie («low tech»)**: denrées alimentaires/boissons et tabac, textile/habillement, bois, papier, impression, matières synthétiques, pierres et terres, fabrication de métaux, produits métallurgiques, réparation, énergie, eau/environnement, autres activités industrielles.

⁶ **Branches de services traditionnels**: commerce de gros, commerce de détail, hôtellerie-restauration, transports/logistique, immobilier/location, services personnels. **Branches de services modernes**: télécommunications, médias, technologies de l'information, banques/assurances, services techniques aux entreprises et R-D, services non techniques aux entreprises. Dans les agrégats partiels, la pondération peut avoir une forte influence en raison du nombre assez faible de cas observés.

Graphique C 4.2 : Fréquence du TST



Le graphique présente la part des entreprises ayant indiqué lors des enquêtes 2005, 2011 et 2018, avoir pratiqué un transfert de savoir avec des institutions scientifiques de recherche au cours des six ou trois dernières années avant le relevé. Base : toutes les entreprises. Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Par ailleurs, les entreprises mènent très souvent des activités de transfert dans leur domaine technologique central (61 %), ce qui signifie que le TST est essentiel à leur progrès technologique.

4.2.2 Formes du TST

Le TST se pratique sous de nombreuses formes comme le montre le tableau ci-après. Les contacts informels avec les hautes écoles (p. ex. contacts personnels) en sont une, l'offre de formation des hautes écoles en est une autre. L'utilisation conjointe de laboratoires et d'infrastructures techniques, les projets de recherche explicites (p. ex. coopérations de recherche ou mandats de recherche) ou encore les services de conseils fournis par les hautes écoles représentent encore d'autres formes fréquentes de TST.

Les contacts informels et les activités de formation et de formation continue sont les principales formes de transfert

Les contacts informels et les prestations de formation des hautes écoles, tant actuelles qu'à venir, sont les principales formes de transfert (graphique C 4.3). Les contacts informels comprennent par exemple la fréquentation de conférences et d'ateliers organisés par les hautes écoles ou la consultation de publications scientifiques. Les formes de transfert apparentées à la formation sont l'offre de cours de formation continue des hautes écoles et le recrutement de leurs diplômés.

Indépendamment des caractéristiques des entreprises, les contacts informels et les prestations de formation restent les formes de transfert les plus importantes. Les coopérations de recherche et l'utilisation des infrastructures techniques des hautes écoles sont souvent très importantes pour les entreprises de haute technologie. Quant aux grandes entreprises, les contacts noués

Formes de transfert	
Catégories	Formes
Contacts informels	Contacts informels courants (p.ex. entretiens, discussion au téléphone, etc.)
	Conférences
	Expositions, ateliers
	Publications scientifiques
Infrastructures	Laboratoires communs
	Infrastructures techniques
Formation	Engagement de diplômés des hautes écoles
	Contact de diplômés des hautes écoles avec leur institution antérieure
	Stages
	Projets de diplôme
	Travaux de doctorat
	Collaboration de chercheurs des hautes écoles
	Organisation d'enseignements conjoints
	Charge d'enseignement confiée à des collaborateurs
	Formation continue
Recherche	Coopérations de recherche
	Mandats de recherche
	Consortiums de recherche
Conseil	Expertises
	Services-conseils

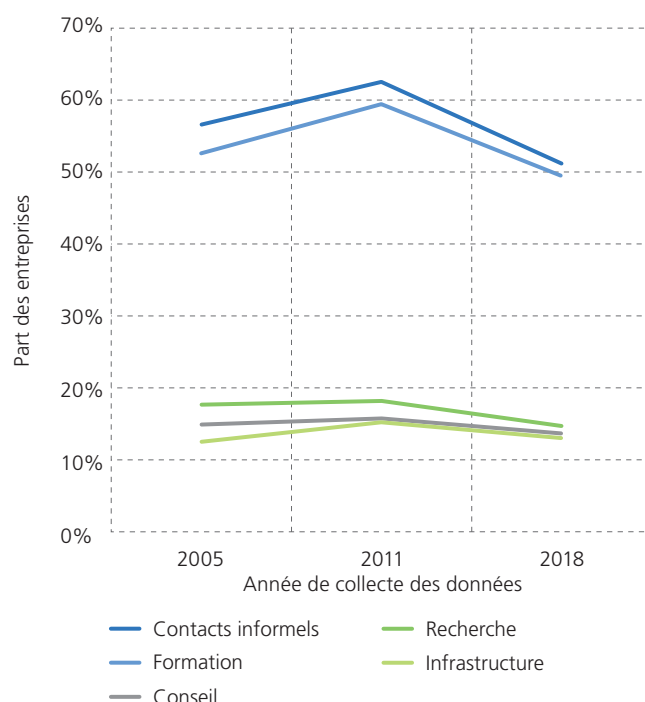
lors de formations et de formations continues ainsi que la fréquentation de conférences et d'ateliers organisés par les hautes écoles sont prioritaires. Les travaux de recherche des hautes écoles ont gagné en importance surtout pour les entreprises de moyenne technologie.

4.2.3 Vecteurs et soutiens du TST

Les bureaux de transfert de technologies et Innosuisse sont les principaux vecteurs et soutiens du TST

Entre un quart et un tiers des entreprises actives dans le TST considèrent que les bureaux de transfert de technologies (BTT) et l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation (Innosuisse) revêtent une importance moyenne à élevée pour leurs activités de transfert (graphique C 4.4). Ces deux types d'institutions ont gagné en importance au fil du temps. La tendance des BTT apparaît globalement plus positive et les différences entre les secteurs, sous-secteurs et classes de taille des entreprises sont marquées. Pour les entreprises industrielles, Innosuisse revêt la plus haute importance. Il est par ailleurs frappant de constater que la proportion d'entreprises qui attribuent une importance élevée ou très élevée à Innosuisse a fortement augmenté dans l'industrie de haute technologie. La part des PME et des grandes entreprises qui attribuent une importance moyenne ou élevée aux BTT a elle aussi continuel-

Graphique C 4.3 : Formes de TST des entreprises suisses



Le graphique montre la part des entreprises qui ont attribué, lors des trois périodes d'enquête, une grande importance à au moins une forme de transfert de savoir dans chaque catégorie (valeur 4 ou 5 sur une échelle de 5).

Base : entreprises actives dans le TST

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

lement augmenté au fil des années. Relevons que la proportion d'entreprises industrielles qui attribuent une importance moyenne ou élevée aux BTT a baissé.

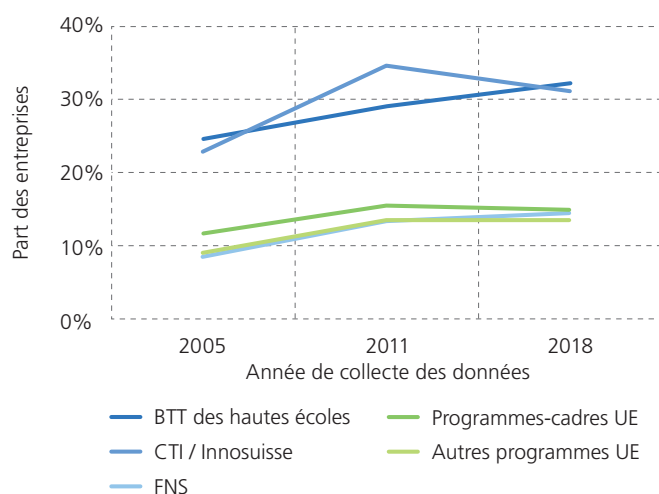
4.2.4 Partenaires pour le TST

Le domaine des EPF et les hautes écoles spécialisées sont les partenaires de transfert les plus fréquents

Les entreprises citent le plus souvent (environ 65 %) comme partenaires de transfert les institutions du domaine des EPF (EPF de Zurich, EPF de Lausanne, PSI, WSL, Empa et Eawag) et les hautes écoles spécialisées (HES) (graphique C 4.5). Cette situation n'a pas changé au fil du temps. Les universités cantonales tendent à être moins souvent citées comme partenaires de transfert. On observe toutefois de légers déplacements par secteurs et classes de tailles des entreprises.

Dans le secteur de basse technologie, la part des entreprises qui entretiennent des contacts avec les HES et le domaine des EPF a diminué au cours des années. En revanche, on ne relève guère de changement dans le domaine des services modernes.

Les entreprises de taille moyenne ont des contacts plus fréquents avec les HES et moins fréquents avec les universités et les

Graphique C 4.4 : Vecteurs du TST d'importance moyenne ou élevée

Le graphique montre la part des entreprises qui, lors des trois périodes d'enquête, ont attribué une grande importance à un vecteur / soutien du transfert de savoir (valeur 3, 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5).

Base : entreprises actives dans le TST

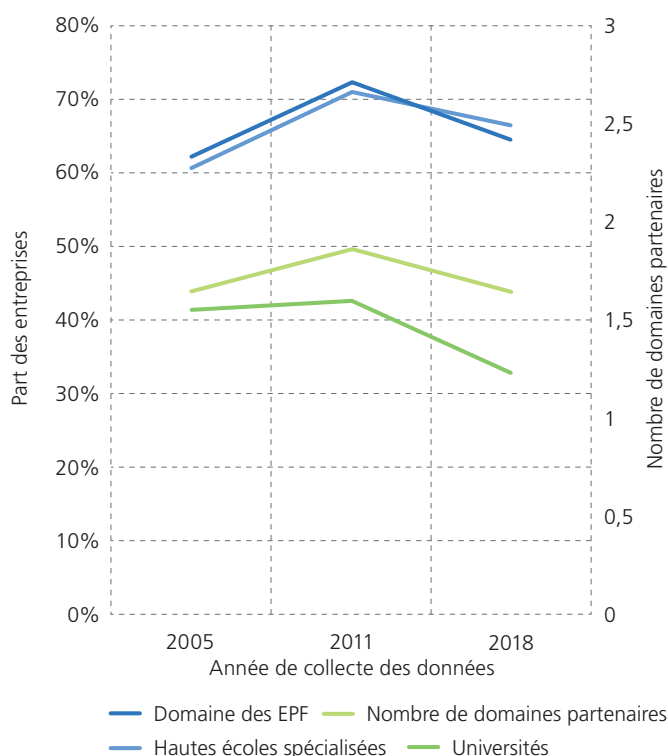
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

EPF. Cette situation pourrait s'expliquer entre autres par la baisse de la fréquence des activités de R-D menées au sein des PME depuis de nombreuses années. Ceci réduit dès lors leur capacité d'absorption⁷ de la recherche menée au sein des hautes écoles.

Les entreprises actives dans le TST diversifient les partenaires

En moyenne, une entreprise active dans le TST est en contact avec environ trois institutions différentes (graphique C 4.6; toutes les institutions). Ces contacts se répartissent comme suit : environ 1,2 contact au sein du domaine des EPF (six institutions), 1 contact dans le domaine des HES (sept institutions) et 0,5 contact parmi les universités cantonales (dix institutions; ce qui signifie qu'une entreprise active dans le TST sur deux entretient un contact avec une université).

Tous types d'institutions confondus, le nombre de contacts moyens était légèrement plus élevé en 2011 qu'en 2018. Les grandes entreprises diversifient davantage que les PME. En outre, les entreprises actives dans le TST entretiennent des contacts en moyenne avec 1,5 à 2 domaines (graphique C 4.5; nombre de contacts; échelle de droite). Pour les grandes entreprises, ce nombre augmente même à plus de deux, ce qui signifie qu'elles pratiquent le TST avec plus de deux domaines en moyenne. Cette statistique met en évidence l'importance de la diversification du secteur des hautes écoles et elle contredit l'idée d'une uniformisation de l'offre de recherche et de formation.

Graphique C 4.5 : Partenaires du TST

Le graphique montre la part des entreprises qui, lors des trois périodes d'enquête, ont pratiqué le transfert de savoir avec au moins une institution de chaque domaine (échelle de gauche), ainsi que le nombre moyen de domaines (domaine des EPF, hautes écoles spécialisées, universités) avec lesquels les entreprises ont coopéré (échelle de droite).

Base : entreprises actives dans le TST

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

4.2.5 Motivations pour le TST

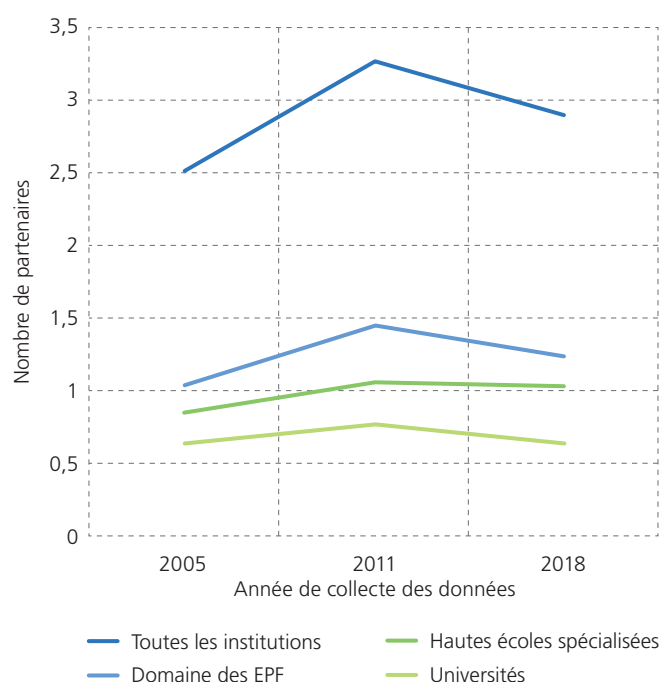
Accéder à des connaissances spécifiques liées aux personnes constitue le motif de TST le plus fréquemment invoqué (graphique C 4.7; tableau ci-après), quel que soit le secteur et la classe de taille. Le savoir explicite, c'est-à-dire l'accès aux résultats de recherche et aux infrastructures des hautes écoles, est devenu plus important au fil du temps, alors que les motifs financiers perdaient globalement en importance.

Les motivations financières pour le TST ont baissé

Des différences apparaissent tant par secteur que par classe de tailles. Dans l'industrie, bien que leur tendance soit fondamentalement à la baisse, les motifs d'ordre financier ont été plus souvent identifiés comme importants que l'accès aux résultats de recherche des hautes écoles (savoir explicite), qui a quant à lui gagné en importance dans le domaine des services. La diminution de l'importance des motifs financiers est particulièrement marquée dans le secteur des services modernes et parmi les PME.

⁷ Une capacité d'absorption faible réduit la compréhension, l'applicabilité et donc l'intérêt pour la recherche menée dans les hautes écoles.

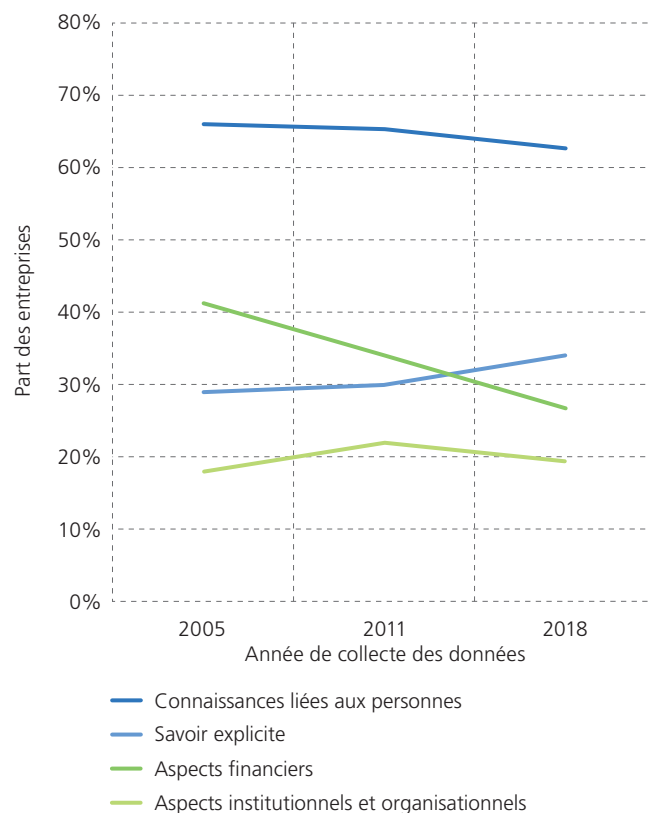
Graphique C 4.6 : Nombre de partenaires dans le TST



Le graphique montre le nombre moyen de partenaires pour le TST.
Base: entreprises actives dans le TST
Source: enquête du KOF sur le TST (2018)

La recherche de capacités spécifiques, le recrutement de diplômés, la formation et la formation continue des collaborateurs ainsi que l'accès à la recherche fondamentale constituent les motifs importants les plus fréquents. En l'occurrence, la situation diffère beaucoup selon les branches. Dans l'industrie, les impulsions de recherche et les capacités spécifiques en complément du savoir-faire interne sont souvent très importantes, alors que le recrutement et la formation continue des collaborateurs sont essentiels dans les services.

Graphique C 4.7 : Motifs du TST

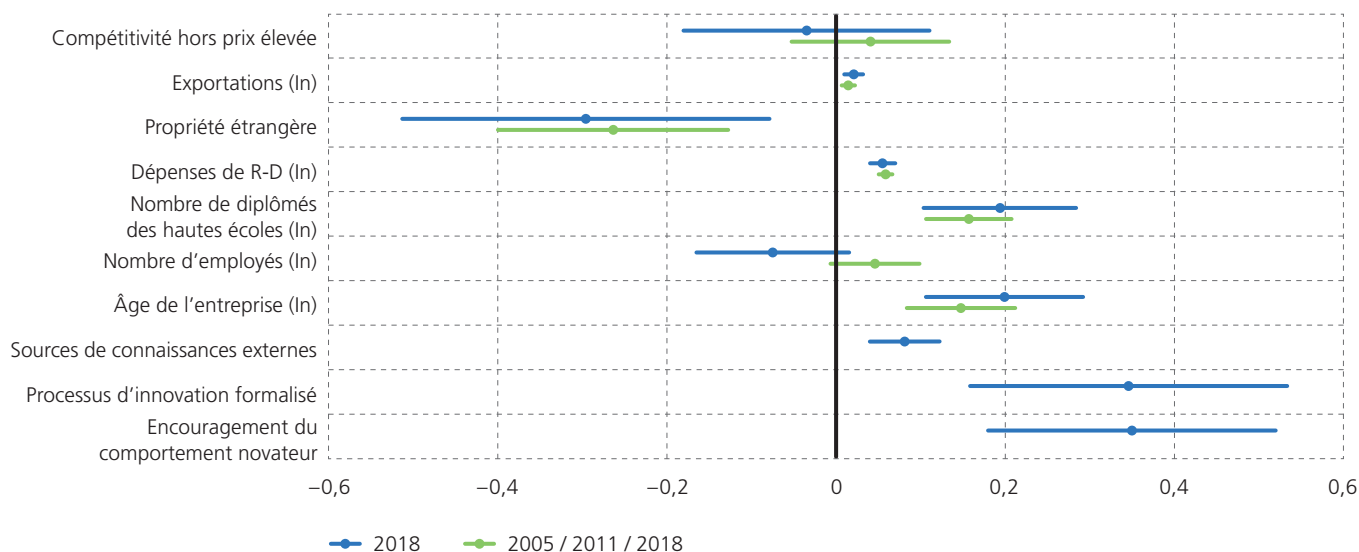


Le graphique montre la part des entreprises qui, lors des trois périodes d'enquête, ont attribué une grande importance à au moins un motif au sein de chaque catégorie (valeur 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5).
Base: entreprises actives dans le TST
Source: enquête du KOF sur le TST (2018)

Motifs de transfert

Catégories	Motifs
Connaissances liées aux personnes	Capacités spécifiques en complément au savoir-faire interne, nouvelles impulsions de recherche, formation/formation continue des collaborateurs, recrutement de diplômés des hautes écoles, accès à la recherche fondamentale
Savoir explicite	Résultats de recherche destinés à être appliqués en R-D Résultats de recherche destinés au développement de nouveaux produits Résultats de recherche destinés au développement de nouveaux procédés Accès aux infrastructures de R-D
Aspects financiers	Économies sur les coûts en R-D Réduction des risques de R-D Gain de temps en R-D Fonds propres insuffisants pour la R-D R-D seulement possible en coopération avec une haute école
Aspects organisationnels et institutionnels	Condition de l'encouragement à la R-D Amélioration de l'image

Graphique C 4.8 : Caractéristiques des entreprises actives dans le TST



« ln » signifie logarithme. Cela s'applique également aux graphiques suivants.

Aide à la lecture : l'effet des caractéristiques des entreprises sur le TST est significatif (positif ou négatif) uniquement lorsque la ligne bleue ou verte ne contient pas la ligne du zéro. Les dépenses de R-D des entreprises, par exemple, présentent une relation significative et positive avec le transfert de savoir, tant sur la base des données réunies lors des enquêtes de 2005, 2008 et 2011 que sur la base des données de l'enquête de 2018, puisque les deux lignes ne comprennent pas la ligne du zéro.

À l'inverse, une concurrence tarifaire plus élevée ne présente pas de relation significative avec le transfert de savoir. La propriété étrangère souligne une relation significative mais négative avec le transfert de savoir.

« Diplômés des hautes écoles » couvrent le domaine des EPF, les universités et les hautes écoles spécialisées.

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

4.2.6 Caractéristiques des entreprises actives dans le TST

Les entreprises anciennes, celles dont les dépenses de R-D sont conséquentes, celles tournées vers l'exportation ainsi que celles comptant une proportion élevée de diplômés des hautes écoles ont en moyenne une probabilité plus élevée à prendre part au TST que les entreprises où ces caractéristiques font défaut ou sont moins marquées (graphique C 4.8).^{8,9}

Une intensité accrue des activités de TST entraîne des dépenses de R-D plus importantes, un niveau de formation plus élevé, une culture de l'innovation ouverte et une orientation vers l'exportation

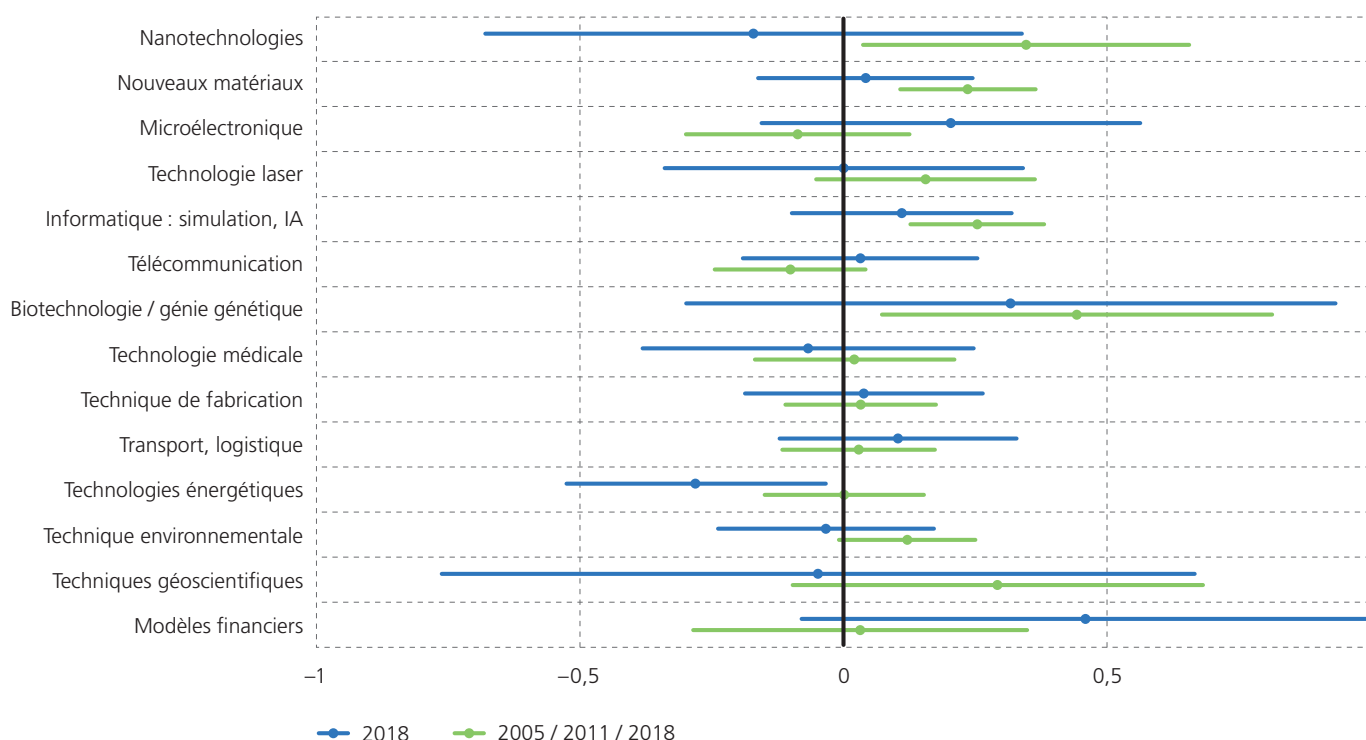
Ce résultat indique que la capacité à comprendre, la capacité à mettre en œuvre les connaissances (« absorptive capacity ») et la pression concurrentielle internationale sont des facteurs essentiels dans l'utilisation de la recherche issue des hautes écoles. Si une entreprise est en mains étrangères, la probabilité de transfert diminue toutefois. Les filiales des groupes internationaux ne recherchent que de cas en cas le contact avec les hautes écoles. La probabilité supérieure qu'une entreprise pratique le TST est également corrélée avec une haute valorisation des activités d'innovation dans l'orientation stratégique de cette entreprise. Des stratégies d'innovation formalisées et une culture de l'innovation vécue augmentent de manière significative la probabilité de transfert. Les entreprises actives dans le TST se caractérisent aussi par une ouverture fondamentale de leur processus d'innovation et par l'intégration des idées et des connaissances externes inhérentes à cette ouverture.

L'orientation technologique de l'entreprise est importante (graphique C 4.9). Les entreprises qui opèrent dans les domaines des nanotechnologies, du développement de nouveaux matériaux, de l'informatique ou de la biotechnologie, respectivement du génie génétique, ont une probabilité de transfert plus élevée. Étonnamment, cette remarque ne s'applique pas aux « technologies d'avenir » telles que la microélectronique, la technologie médicale ou

⁸ Nous examinons ici s'il existe une corrélation entre ces facteurs et le transfert de savoir, et non pas si la performance d'innovation de l'entreprise en est influencée. Pour une étude sur la corrélation entre la formation formelle de collaborateurs d'une entreprise et la performance d'innovation en Suisse, cf. notamment Bolli et al. (2018). Cette publication montre en effet qu'une combinaison de diverses qualifications formelles a un effet positif sur la performance d'innovation.

⁹ Remarque technique : le graphique C 4.8 montre les estimateurs MCO (moindres carrés ordinaires) regroupés de l'équation des déterminants et leurs intervalles de confiance à 90 %. Si l'intervalle de confiance ne contient pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. « 2005/2011/2018 » se rapporte à des observations effectuées durant les trois périodes. « 2018 » ne couvre que des observations concernant la période d'enquête 2012–2017, puisque les variables indépendantes supplémentaires n'ont été relevées que durant cette période. La variable dépendante est toujours le transfert de savoir et de technologie avec des institutions scientifiques sises en Suisse entre trois ans et un an avant le moment de l'enquête. Variables de contrôle supplémentaires : 33 variables muettes industrielles, temporelles et pour des champs technologiques.

Graphique C 4.9 : TST selon les domaines technologiques



Aide à la lecture : les entreprises qui traitent de nouveaux matériaux ont une probabilité supérieure de pratiquer le transfert de savoir.

Le résultat est fondé sur les données réunies des enquêtes réalisées en 2005, 2011 et 2018 (et non pas en se basant uniquement sur les données récoltées en 2018).

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

les technologies énergétiques. À ce stade, les raisons de cette situation ne sont pas claires. Il se pourrait que, dans ces domaines, de grandes différences d'orientation de recherche existent entre les entreprises et les hautes écoles. Un autre déterminant potentiel serait le manque d'informations sur les activités de recherche menées par les uns et les autres.¹⁰

4.3 Influence du TST sur la performance des entreprises

L'influence du TST sur la performance des entreprises (performance d'innovation et performance générale) peut être mesurée par les indicateurs suivants : innovations de produits et de procédés (mesurant la probabilité des entreprises à développer des produits et des procédés innovants), le chiffre d'affaires réalisé avec des produits innovants (mesurant le succès de ces produits innovants sur le marché) et le chiffre d'affaire global et la valeur ajoutée réalisée par les entreprises (mesurant la compétitivité de ces dernières).¹¹

¹⁰ Pour le graphique C 4.9 : idem note de page 9.

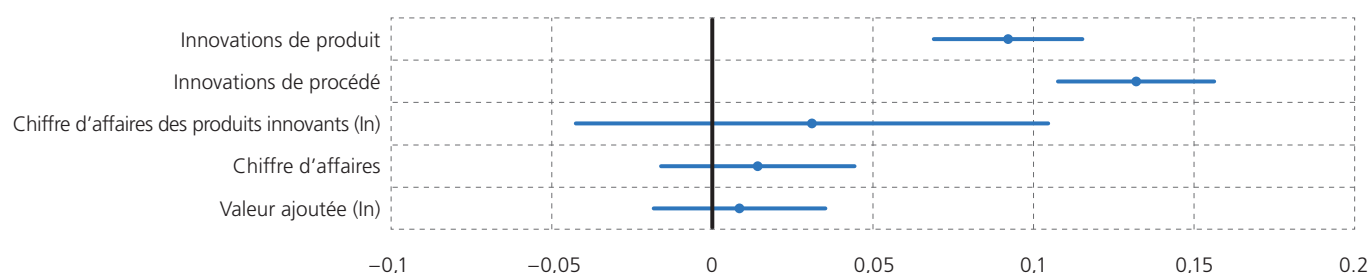
¹¹ Les calculs sont faits en valeurs logarithmiques pour le chiffre d'affaires avec les produits innovants, le chiffre d'affaires global et la valeur ajoutée. La valeur ajoutée d'une entreprise se calcule par la différence entre le chiffre d'affaires réalisé et les prestations préalables. Les modèles estimés tiennent toujours compte du personnel employé, des investissements et d'autres facteurs importants tels que la qualification de la main-d'œuvre ou encore de l'intensité de l'activité exportatrice des entreprises (voir notes relatives aux graphiques pour la spécification concrète du modèle).

Les activités de transfert de savoir sont positivement corrélées avec une capacité supérieure d'innovation et un plus grand succès commercial des entreprises suisses

Les lignes (1) et (2) du graphique C 4.10 montrent que le TST est corrélé avec une probabilité significativement plus élevée d'introduire des produits et des procédés innovants. Toutefois, les lignes (3) à (5) font apparaître que le TST isolé ne présente pas une corrélation significativement positive avec le succès commercial des entreprises.¹² Ainsi, le TST accroît seulement la probabilité d'être innovant, mais il ne conduit pas sans autres au succès commercial.¹³

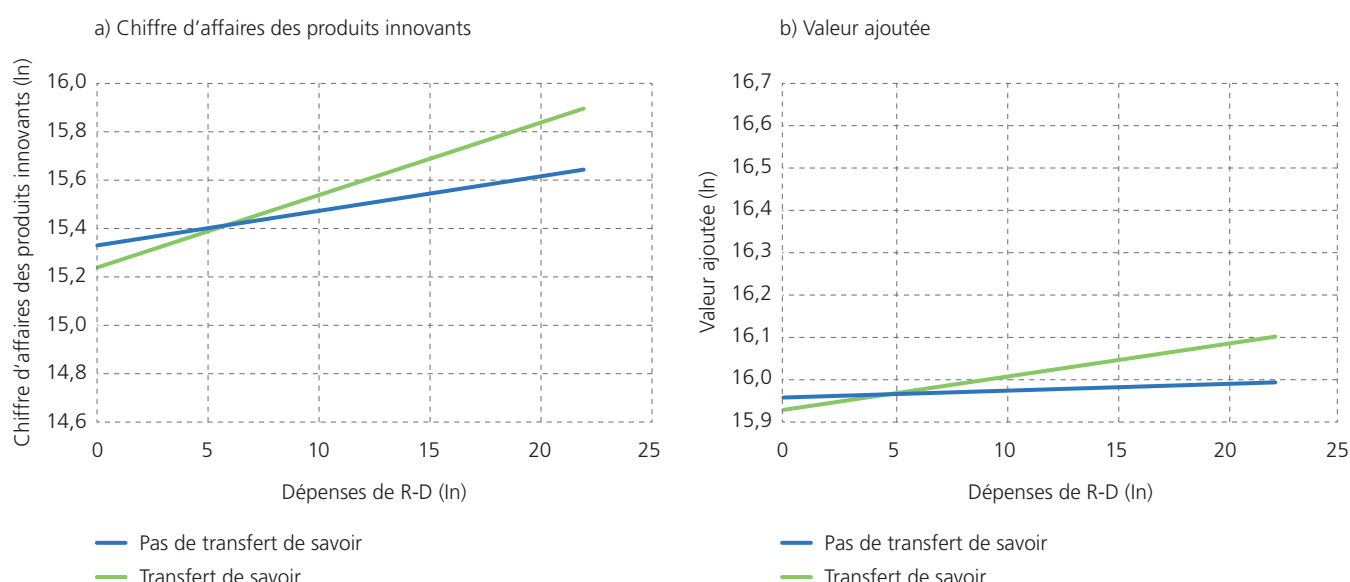
¹² En l'occurrence, l'écart-type est trop grand pour permettre d'établir une corrélation statistiquement significative.

¹³ Remarque technique : le transfert de savoir (TST) est une variable binaire (0/1) qui mesure le transfert de connaissances entre six ans et un an avant le moment de l'enquête menée en Suisse et entre trois ans et un an avant le moment de l'enquête réalisée à l'étranger. L'axe des ordonnées représente les variables dépendantes des cinq estimations : innovations de produit, innovations de procédé, chiffre d'affaires réalisé avec les produits innovants, chiffre d'affaires total et valeur ajoutée. Les marges de fluctuation indiquent l'intervalle de confiance à 90 % du TST pour les variables dépendantes. Si l'intervalle de confiance ne contient pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les variables explicatives Dépenses de R-D (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables muettes temporelles et de branches ne sont pas représentées. Toutes les équations sont estimées avec des effets aléatoires.

Graphique C 4.10 : TST et performance des entreprises

Aide à la lecture : il existe une corrélation significative et positive entre le transfert de savoir d'une entreprise et la probabilité qu'elle crée de nouveaux produits, puisque la ligne « Innovations de produit » ne comprend pas la ligne du zéro.

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Graphique C 4.11 : Dépenses de R-D et leurs effets sur le TST

Aide à la lecture : les activités de transfert de savoir renforcent la corrélation positive entre les dépenses de R-D et le chiffre d'affaires des produits innovants : l'inclinaison de la ligne verte est plus forte que celle de la ligne bleue. Par exemple, le chiffre d'affaires des produits innovants des entreprises qui pratiquent le TST passe de 5,606 millions de CHF (valeur ln : 15,5393) à 5,776 millions de CHF (valeur ln=15,5693) lorsque les dépenses R-D augmentent d'environ 22 000 CHF (valeur ln=10) à 60 000 CHF (valeur ln=11). Pour les entreprises sans TST (ligne bleue), le chiffre d'affaires passe de 5,251 millions de CHF (valeur ln=15,4740) à 5,327 millions de CHF (valeur ln= 15,4883).

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

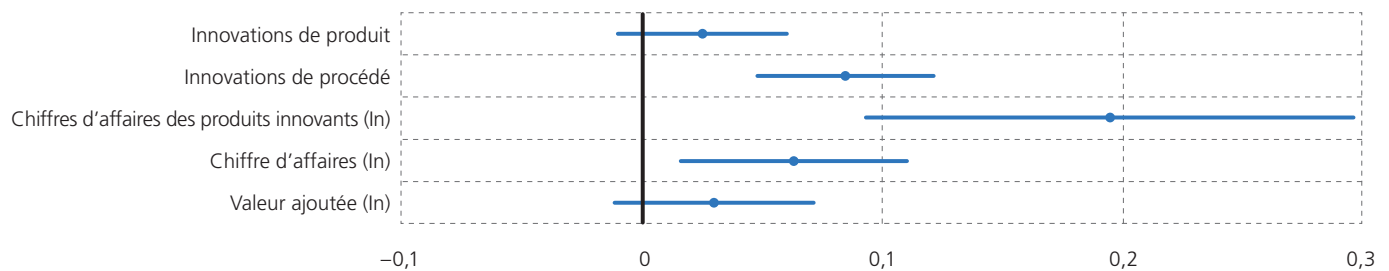
TST, Investissements en R-D et succès commercial

Le graphique C 4.11 montre que le TST doit être flanqué d'investissements en R-D pour contribuer au succès commercial d'une entreprise.¹⁴ L'inclinaison plus forte de la ligne verte du transfert de savoir par rapport à la ligne bleue l'illustre au graphique C 4.11.

Même sans TST, les activités de R-D corréleront positivement avec le succès en matière d'innovation (ligne bleue). Mais le principal intérêt réside dans le fait que le TST accentue de manière signifi-

cative la corrélation positive entre les activités de R-D et les variables dépendantes « Chiffre d'affaires des produits innovants », « Chiffre d'affaires » et « Valeur ajoutée ». En présence de relations de TST, les activités de R-D sont sensiblement plus corrélées avec le chiffre d'affaires des produits innovants et avec la compétitivité (valeur ajoutée). Par conséquent, le transfert de savoir accroît l'efficacité des activités R-D menées par l'entreprise elle-même. En inversant la perspective, on peut affirmer que pour influencer positivement la performance des entreprises, le transfert de savoir requiert la capacité d'absorption (« absorptive capacity »), que reflètent les ressources financières allouées à la R-D. L'entreprise doit elle-même disposer de connaissances technologiques et d'un savoir-faire pré-existants pour que son TST avec les hautes écoles soit rentable

¹⁴ Dans les analyses sous-jacentes au graphique C 4.11, la variable TST est corrélée avec celle des activités de R-D. Les entreprises qui ne font pas état de dépenses de R-D ont été codées par « 0 ».

Graphique C 4.12 : TST combiné (en Suisse et à l'étranger) et performance des entreprises

Aide à la lecture : il existe une corrélation significative positive entre le transfert de savoir intensif et la probabilité de créer des innovations de procédé, puisque la ligne des innovations de procédé ne comprend pas la ligne du zéro (contrairement à la ligne des innovations de produit).

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

(Zahra & George, 2002). Le savoir transféré par une haute école doit bénéficier d'un terreau fertile, c'est-à-dire que les connaissances nouvelles doivent être correctement comprises et adéquatement utilisées et mises en œuvre pour que le succès de l'entreprise en soit durablement amélioré.¹⁵

Le transfert de savoir combiné avec des institutions nationales et étrangères corrèle positivement avec la performance d'innovation des entreprises

Le graphique C 4.12 montre qu'un réseau national et international très large d'activités de TST apporte des impulsions sensiblement plus fortes au succès de l'innovation des entreprises : les lignes (2) à (4) illustrent que le TST combiné présente un coefficient de corrélation significativement positif. Ce résultat implique qu'un déploiement intensif du transfert de savoir, combinant les opérations nationales et internationales, entraîne de fait des effets plus importants qu'un transfert de savoir uniquement national ou uniquement international.¹⁶

Transfert de savoir et innovation ouverte : tous deux corréleront positivement avec la performance d'innovation

Une question essentielle est de savoir si le TST présente des effets comparables en cas d'innovation ouverte. Par innovation ouverte, on entend l'utilisation des connaissances de la clientèle, des fournisseurs, des concurrents (sources externes d'innovation), etc. dans le but de réaliser des innovations et de contribuer au succès de l'entreprise en termes d'innovation (Chesbrough, 2003; Laursen & Salter, 2006; Beck & Schenker-Wicki, 2014).

Le graphique C 4.13 montre que l'innovation ouverte corrèle positivement avec le succès commercial des produits et services innovants,¹⁷ alors que le TST doit être combiné à un investissement important en R-D pour assurer ce succès (graphique C 4.11). En outre, l'innovation ouverte corrèle positivement avec le chiffre d'affaires, mais pas avec la valeur ajoutée (productivité). De manière générale, les entreprises pratiquant l'innovation ouverte et le TST ont une probabilité clairement supérieure d'être innovantes par rapport aux entreprises fermées et sans activité de TST. Cependant, le TST doit être combiné aux activités de R-D internes pour obtenir le succès commercial des produits innovants ou une valeur ajoutée plus élevée.

Un large éventail de formes de TST a son importance pour les activités d'innovation des entreprises suisses

Le transfert de savoir peut prendre diverses formes et se déployer très largement. Le graphique C 4.14 présente les liens entre cinq différentes formes de transfert de savoir et neuf indicateurs de résultats obtenus grâce à des transferts de savoir réussis :^{18,19}

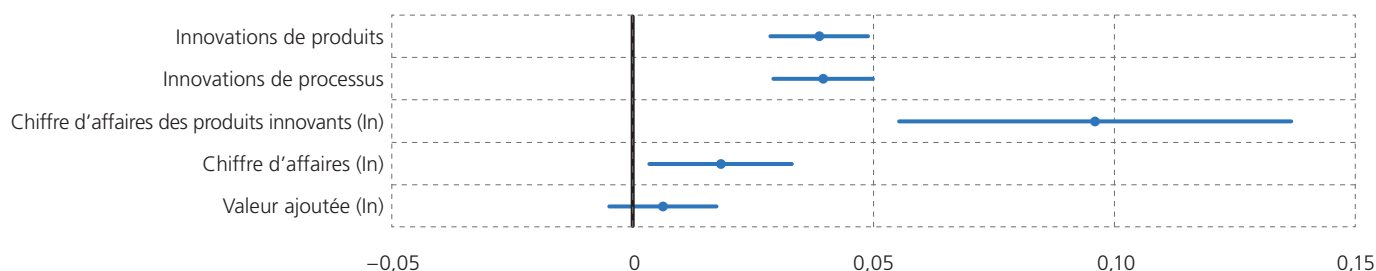
¹⁵ Remarque technique : tous les modèles sont estimés avec des effets aléatoires et contiennent les variables explicatives Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables muettes temporelles et de branches.

¹⁶ Remarque technique : le TST combiné est une variable binaire (0/1) qui ne prend la valeur « 1 » que si le transfert de savoir a été simultanément pratiqué en Suisse et à l'étranger entre trois ans et un an avant le moment de l'enquête. L'axe des coordonnées représente les variables dépendantes des cinq estimations. Les marges de fluctuation indiquent l'intervalle de confiance à 90 % du TST pour les variables dépendantes. Si l'intervalle de confiance ne comprend pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les variables explicatives Dépenses de R-D (ln), Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables muettes temporelles et de branches ne sont pas représentées. Toutes les équations sont estimées avec des effets aléatoires.

¹⁷ Remarque technique : l'innovation ouverte mesure le nombre de sources externes de connaissances (p. ex. les clients, les fournisseurs ou les concurrents, à l'exclusion des hautes écoles). L'axe des coordonnées représente les variables dépendantes des cinq estimations. Les marges de fluctuation indiquent l'intervalle de confiance à 90 % du TST pour les variables dépendantes. Si l'intervalle de confiance ne comprend pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les variables explicatives Dépenses de R-D (ln), Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables muettes temporelles et de branches ne sont pas représentées. Toutes les équations sont estimées avec des effets aléatoires.

¹⁸ Ces neuf indicateurs n'ont été relevés que dans le cadre de l'enquête de 2018 sur le transfert de savoir, raison pour laquelle la taille des échantillons est sensiblement plus petite. On a demandé aux entreprises si le TST a conduit à un résultat sous la forme de neuf variables au total (cf. les variables dépendantes du graphique C 4.14). Les entreprises pouvaient répondre par oui/non à ces questions.

¹⁹ Remarque technique : les cinq variables explicatives présentées sont des variables binaires (0/1) composées de blocs de questions concernant les cinq formes de transfert de savoir. L'axe des ordonnées présente les variables dépendantes des neuf estimations, qui sont également des variables binaires (0/1). Les marges de fluctuation indiquent l'intervalle de confiance à 90 % du TST pour les variables dépendantes. Si l'intervalle de confiance ne comprend pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les variables explicatives Dépenses de R-D (ln), Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables muettes temporelles et de branches ne sont pas représentées. Toutes les équations sont estimées avec des effets aléatoires.

Graphique C 4.13 : Innovation ouverte (sans TST) et performance des entreprises

Aide à la lecture : il existe une corrélation significative positive entre l'innovation ouverte et la probabilité de créer des innovations de produits.
 Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

- Les formes de transfert de savoir qui visent les résultats des activités de recherche et l'utilisation des infrastructures techniques des institutions scientifiques sont positivement corrélées avec l'introduction de nouveaux projets et produits ainsi qu'avec les publications, les brevets et le savoir-faire.
- Les formes d'échange de connaissances qui concernent principalement les contacts informels des entreprises, corrélient positivement avec le lancement de nouveaux projets et produits, avec les nouveaux procédés, les publications, les brevets, les licences et le savoir-faire.
- Les formes de TST axées sur la formation, la formation continue et la mobilité du personnel sont liées à l'introduction de nouveaux procédés et au renforcement de la dotation en capital humain de l'entreprise.
- Les prestations de conseil des hautes écoles et l'établissement d'expertises sont associés positivement avec l'introduction de nouveaux procédés et de licences ainsi qu'avec l'engagement de diplômés de hautes écoles.

Ces corrélations entre les formes et les résultats spécifiques du transfert de savoir ne révèlent pas de schéma statistique clair. Le graphique C 4.14 permet de conclure qu'aucune forme déterminée de transfert de savoir ne prévaut et qu'un large engagement en matière de TST est déterminant.

Le graphique C 4.15 corrobore la remarque selon laquelle le TST doit être étroitement lié à la recherche pour être efficace (graphique C 4.11). La relation entre les dépenses de R-D et le chiffre d'affaires avec les produits innovants est plus forte dans les entreprises pratiquant un TST sous forme de recherche (coopérations de recherche, recherche sur mandat et consortiums de recherche) que dans celles qui pratiquent un TST sous d'autres formes.²⁰ Le graphique C 4.15 montre que le TST sous forme de recherche renforce le lien entre les dépenses de R-D et la performance de l'entreprise (ligne verte). Pour que le TST sous forme de recherche

soit fructueux, il faut que l'entreprise dispose en son sein d'un savoir important. Or seules des dépenses en R-D internes élevées sont susceptibles de le générer.²¹

4.4 Stratégie d'innovation, TST et performance des entreprises

La performance d'innovation des entreprises est corrélée positivement avec une bonne culture d'innovation, des procédés d'innovation formalisés et une stratégie d'innovation clairement définie. Au-delà, on ne saurait déceler une corrélation statistiquement significative entre ces facteurs et le TST sur la performance d'innovation.²²

Le graphique C 4.16 illustre les liens entre différentes approches de gestion de la mise en œuvre des stratégies, procédés et cultures d'innovation ainsi que de la performance des entreprises.²³ Les entreprises qui disposent d'une culture d'innovation forte et qui prennent des mesures particulières pour favoriser un comportement innovant, comme des manifestations sur l'innovation ou des primes d'innovation, sont en moyenne plus novatrices. Le succès commercial de leurs produits innovants est également plus important et ces dernières se révèlent être plus compétitives. On note un potentiel lien positif s'agissant de la performance

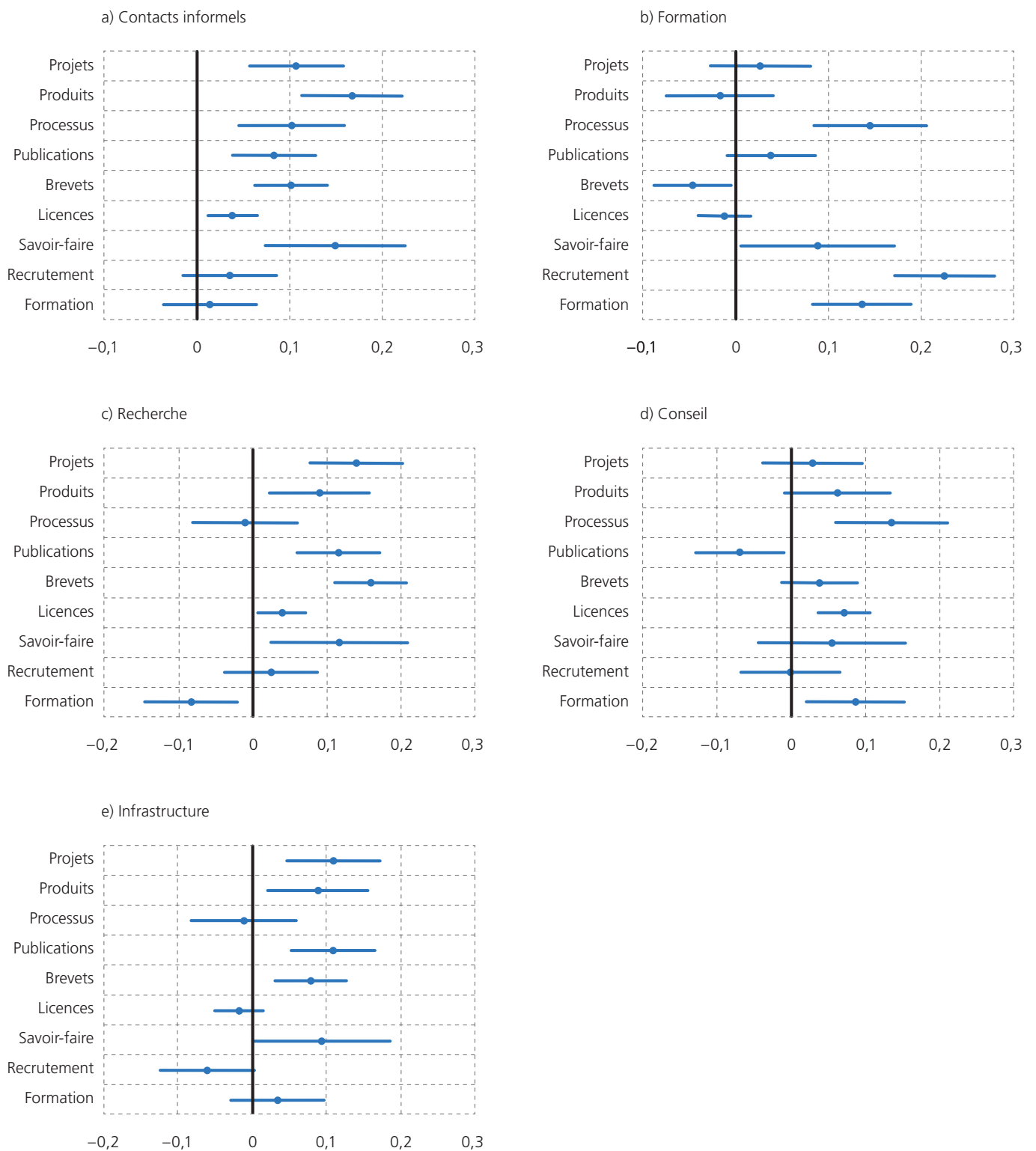
²¹ Remarque technique : tous les modèles sont estimés avec des effets aléatoires et contiennent les variables explicatives Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables fictives temporelles et de branches.

²² Rappel : la performance d'innovation d'une entreprise se mesure aux nouveaux produits ou procédés innovants qu'elle a introduits. Le succès commercial des nouveaux produits est quant à lui mesuré en fonction du chiffre d'affaires qu'ils ont généré (voir 4.3).

²³ Remarque technique : les quatre variables explicatives présentées sont des variables binaires (0/1) qui ont été estimées individuellement dans des équations bidimensionnelles, afin d'anticiper les effets de la multicollinéarité, qui est forte selon les cas. L'axe des ordonnées présente les variables dépendantes des cinq estimations. Les marges de fluctuation indiquent l'intervalle de confiance à 90 % du TST pour les variables dépendantes. Si l'intervalle de confiance ne comprend pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les variables explicatives Dépenses de R-D (ln), Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables muettes temporelles et de branches ne sont pas représentées. Tous les modèles sont estimés avec des effets aléatoires.

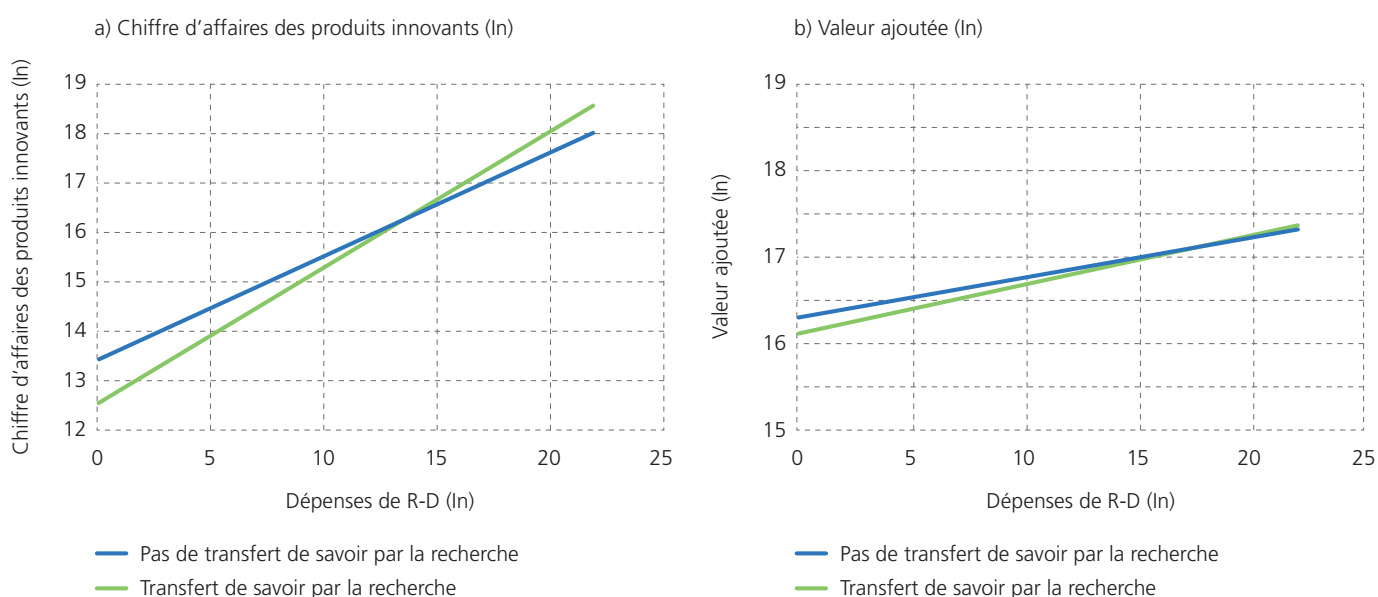
²⁰ Afin de mettre en évidence cet effet des dépenses de R-D en combinaison avec le TST sur la performance des entreprises, les entreprises n'ayant pas d'activités de R-D ont été exclues.

Graphique C 4.14 : Formes et résultats du TST



Aide à la lecture : il existe une corrélation significative positive entre le transfert de savoir par contacts informels et la probabilité qu'une entreprise ait lancé de nouveaux projets dans son secteur R-D.

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Graphique C 4.15 : TST sous forme de coopérations de recherche, dépenses de R-D et performance des entreprises

Aide à la lecture : le transfert de savoir dans le cadre de projets de recherche renforce la corrélation entre les dépenses de R-D et le chiffre d'affaires des produits innovants, cependant uniquement lorsque les dépenses de R-D sont relativement élevées.
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

d'innovation des entreprises qui appliquent systématiquement des méthodes formalisées dans leurs procédés d'innovation (p. ex. une procédure décisionnelle par étapes). En revanche, si une stratégie d'innovation formalisée corrèle avec une probabilité supérieure d'introduire des produits et des procédés innovants (performance d'innovation), il apparaît qu'elle n'a pas d'effet statistiquement significatif sur le succès commercial des produits innovants.

Les entreprises où les impulsions d'innovation sont générées du haut vers le bas et du bas vers le haut connaissent un plus grand succès d'innovation

Les entreprises qui réalisent des chiffres d'affaires importants grâce à leurs produits innovants misent sur l'initiative conjointe des supérieurs hiérarchiques et de leurs collaborateurs dans l'exécution de leurs activités d'innovation (graphique C 4.16). La combinaison des approches « du haut vers le bas » et « du bas vers le haut » pour imprimer une impulsion lors de l'initiation des projets d'innovation corrèle donc davantage avec le succès commercial que les impulsions d'innovation n'émanant que des supérieurs hiérarchiques ou des collaborateurs. Le graphique C 4.16 permet de constater dans l'ensemble que les entreprises dotées d'une stratégie d'innovation globale présentent une performance d'innovation plus élevée.

Les investissements dans la R-D accompagnant les activités de TST accroissent la compétitivité²⁴

Le graphique C 4.17 illustre la corrélation entre le TST combiné (c'est-à-dire le TST en Suisse et à l'étranger) et la performance des entreprises pour les seules entreprises actives dans la R-D. En

d'autres termes, les entreprises sans de R-D sont exclues. L'attention porte sur les interactions entre le TST combiné et le niveau des dépenses de R-D. On peut ainsi clarifier si le niveau des dépenses de R-D entraîne un effet supplémentaire.

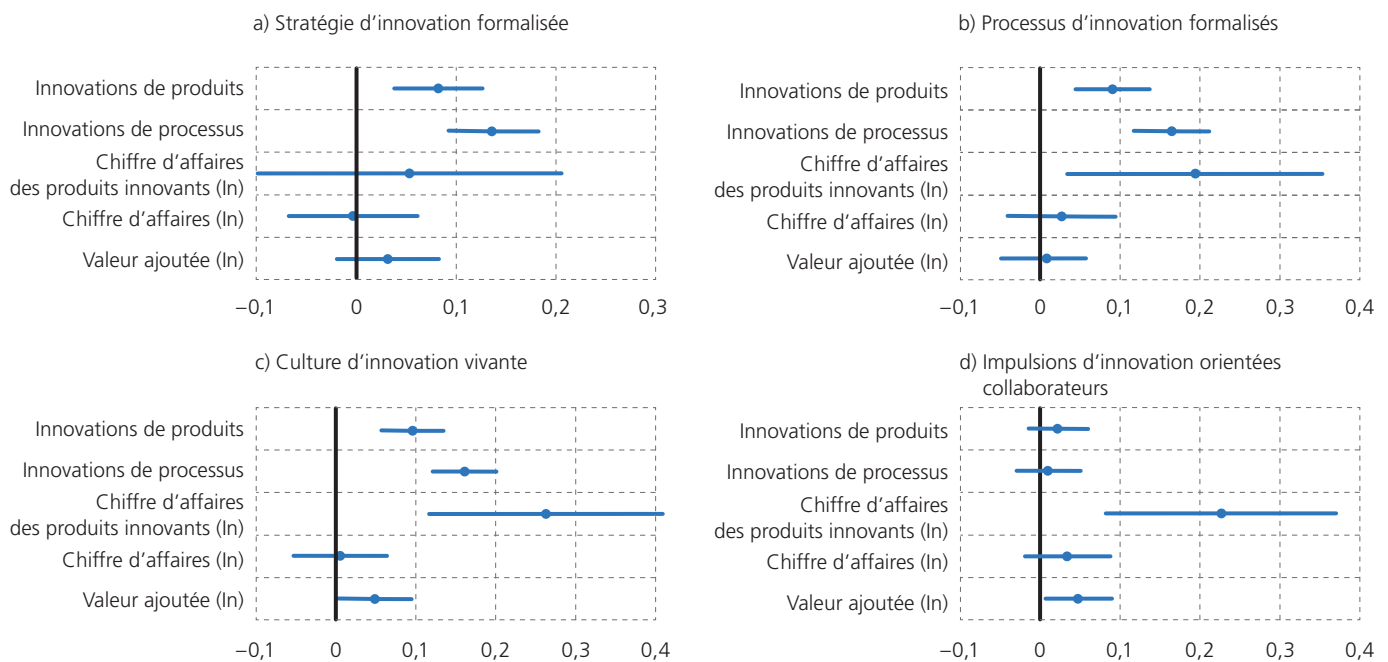
Les activités de TST combinées renforcent nettement la corrélation entre les dépenses de R-D, la performance d'innovation et la compétitivité d'une entreprise (mesurée en fonction de sa valeur ajoutée (graphique C 4.17)).²⁵ Les entreprises qui pratiquent le TST combiné doublent quasiment la performance résultant de leurs dépenses supplémentaires en R-D par rapport aux entreprises qui ne pratiquent le TST qu'au niveau national (graphique C 4.11).²⁶ Par conséquent, s'il est déterminant qu'une entreprise consente des dépenses de R-D pour accroître l'effet du TST, le montant de ces dépenses est décisif lui aussi.

²⁴ La compétitivité d'une entreprise est mesurée en fonction de sa valeur ajoutée.

²⁵ Remarque technique : tous les modèles sont estimés avec des effets aléatoires et contiennent les variables explicatives Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables fictives temporelles et de branches.

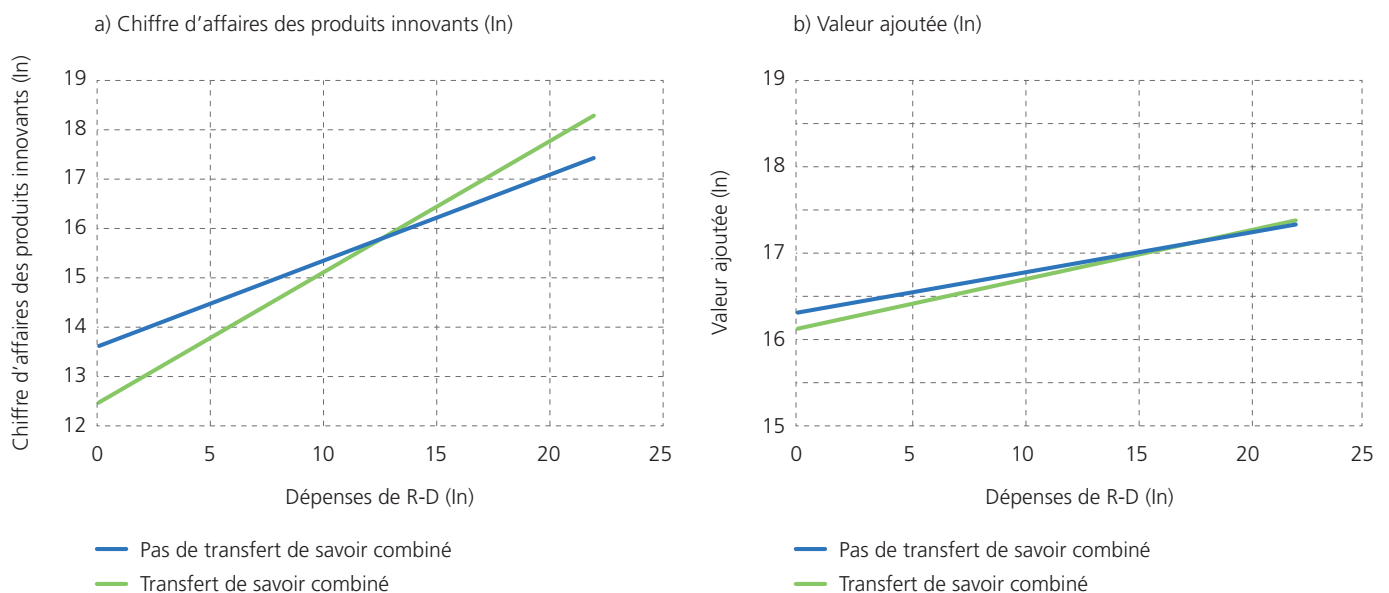
²⁶ « transfert de savoir combiné » (graphique C 4.17) l'atteste.

Graphique C 4.16 : Stratégies, procédés, culture d'innovation et performance des entreprises



Aide à la lecture : il existe une corrélation significative positive entre une stratégie d'innovation formalisée et la probabilité de créer des produits innovants.
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Graphique C 4.17 : Dépenses de R-D, TST combiné et performance des entreprises



Aide à la lecture : le transfert de savoir renforce la relation positive entre les dépenses de R-D d'une entreprise avec le chiffre d'affaires des produits innovants.
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

4.5 Facteurs favorisant le TST et obstacles au TST

Les résultats des estimations économétriques effectuées ci-dessus ont montré que le TST est susceptible d'améliorer la performance d'innovation et la compétitivité des entreprises. Le TST déploie ses effets bénéfiques sur l'économie privée s'il est accompagné des mesures suivantes :

- Encouragement direct du TST : les mesures qui soutiennent les investissements dans la R-D ou qui élèvent le niveau de formation dans les entreprises (proportion de diplômés de hautes écoles) favorisent aussi la probabilité d'un transfert de savoir (graphique C 4.8) ainsi que le succès commercial des produits et procédés innovants basés sur le TST (graphiques C 4.11 à C 4.17);
- Suppression des obstacles au TST : des impulsions spéciales tenant compte des obstacles constitutifs du profil des entreprises peuvent améliorer l'effet du TST sur la performance des entreprises.

Ce dernier point constitue l'objet central de ce chapitre qui décrit d'abord les résultats principaux selon les types d'obstacles au TST (4.5.1) avant de mettre en relation ces derniers avec les caractéristiques et les domaines technologiques des entreprises (4.5.2).

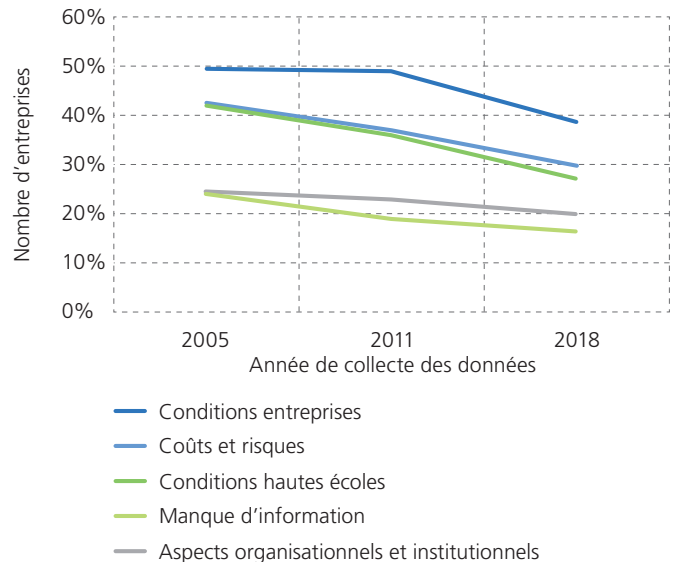
4.5.1 Obstacles au TST

Les obstacles les plus importants que les entreprises perçoivent pour prendre part au TST sont : les coûts et les risques de même que les conditions insuffisantes pour le TST présentes au sein des hautes écoles (p. ex. manque d'esprit d'entreprise, orientation de la recherche dépourvue d'intérêt) ainsi qu'au sein de l'entreprise même (p. ex. manque d'intérêt pour des projets scientifiques). L'importance de ces obstacles a toutefois diminué au fil du temps (graphique C 4.18).

Souvent, les conditions du TST ne sont pas réunies dans l'entreprise même

Pour tous les secteurs économiques (industrie, construction et services), les conditions insuffisantes au sein de l'entreprise même demeurent la principale catégorie d'obstacles au TST. Dans cette catégorie, le manque d'intérêt de l'entreprise pour des projets scientifiques, particulièrement l'idée préconçue selon laquelle les questions de R-D de l'entreprise n'intéressent pas les hautes écoles, joue généralement un rôle important. Les PME présentent le même tableau. En revanche, pour les grandes entreprises, les conditions insuffisantes pour le TST au sein de l'entreprise représentent un obstacle dont l'importance s'est beaucoup amenuisée. Le plus souvent, ces entreprises sont entravées parce que les conditions ne sont pas réunies au sein des hautes écoles (p. ex. orientation insuffisamment intéressante des recherches menées par les hautes écoles) et en raison des coûts et des risques associés au TST (notamment le manque de confidentialité ou d'exclusivité). Cette dernière catégorie d'obstacles est également primordiale

Graphique C 4.18 : Obstacles au TST pour toutes les entreprises



Le graphique montre la part des entreprises qui, durant les trois périodes d'enquête, ont attribué une grande importance à au moins un obstacle au TST au sein de chaque catégorie (valeur 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5).

Base: toutes les entreprises

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

pour les entreprises de haute technologie, la situation financière de l'entreprise constituant une entrave particulière au TST. Les aspects organisationnels et institutionnels ne constituent un obstacle, dans une certaine mesure, que pour les entreprises industrielles (notamment les procédures d'approbation et les restrictions légales). Il est frappant de constater que les grandes entreprises attribuent fréquemment une grande importance au manque d'information et, en particulier, à la difficulté de trouver l'interlocuteur adéquat.

L'activité de TST modifie la perception des obstacles

Selon qu'elles sont actives ou non dans le TST, les perceptions des entreprises sont très différentes concernant les catégories d'obstacles (graphique C 4.19). Souvent, la prise de conscience des différentes catégories d'obstacles ne survient que par l'expérience du TST. Il faut d'abord noter que l'importance des catégories d'obstacles ne diminue pas pour les entreprises actives dans le TST (contrairement à l'évolution observable pour l'ensemble des entreprises, voir graphique C 4.18). En outre, au fil du temps, les entreprises actives dans le TST jugent de plus en plus souvent que les obstacles liés aux coûts et aux risques sont très importants. Cette observation s'applique aux entreprises de toute taille, ainsi qu'au secteur des services et particulièrement au secteur industriel. Dans cette catégorie, la situation en termes de coûts et de risques pour les entreprises actives dans le TST est particulièrement intéressante lorsqu'on considère les obstacles cités : les PME sont le plus souvent limitées en raison du manque de ressources financières alors que les grandes entreprises sont réticentes face au manque de confidentialité des hautes écoles. Quant à l'indus-

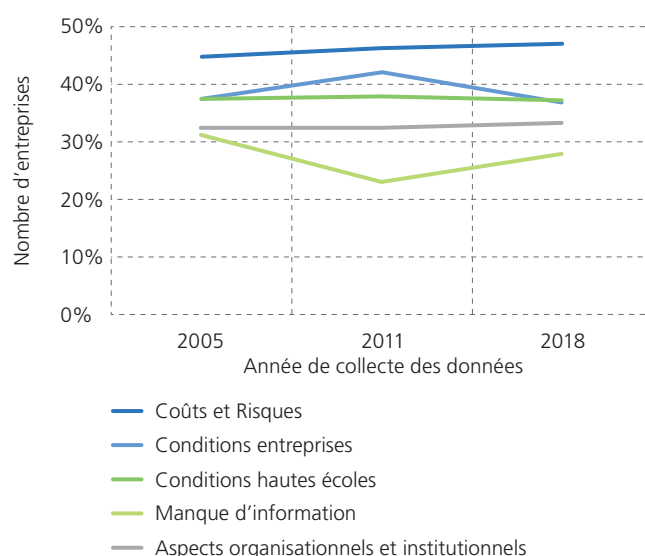
Obstacles au transfert	
Catégories	Obstacles
Manque d'information	Manque d'information sur les activités de recherche Difficulté à identifier les interlocuteurs adéquats Dotation insuffisante de l'interface vers les hautes écoles
Conditions au niveau de l'entreprise	Manque de personnel qualifié Manque d'équipements techniques Manque d'intérêt Désintérêt des hautes écoles pour les questions de R-D de l'entreprise
Conditions au niveau des hautes écoles	Manque de personnel spécialisé pour le transfert de savoir Manque d'esprit d'entreprise Orientation de la recherche dépourvue d'intérêt Valorisation commerciale des résultats de recherche
Coûts et risques	Absence d'une garantie de confidentialité Importants travaux subséquents Finances de l'entreprise Finances des hautes écoles Efficacité de la haute école Dépendance technologique Insécurité quant au résultat de la coopération
Aspects organisationnels et institutionnels	Lourdes procédures d'approbation, restrictions légales Manque de soutien administratif des hautes écoles Manque de soutien lors de la valorisation commerciale Problèmes liés aux droits de disposer Problèmes de gestion de la haute école Priorités différentes Base de confiance insuffisante Perte de réputation

trie de haute technologie, elle estime que d'importants travaux subséquents la restreignent dans ses efforts de TST.

4.5.2 Obstacles au TST, caractéristiques et domaines technologiques des entreprises

Les réponses subjectives des entreprises doivent être approfondies par des analyses de corrélation afin de mettre en évidence les facteurs en raison desquels les entreprises se sentent entravées.

Graphique C 4.19 : Obstacles au TST pour les entreprises actives dans le TST



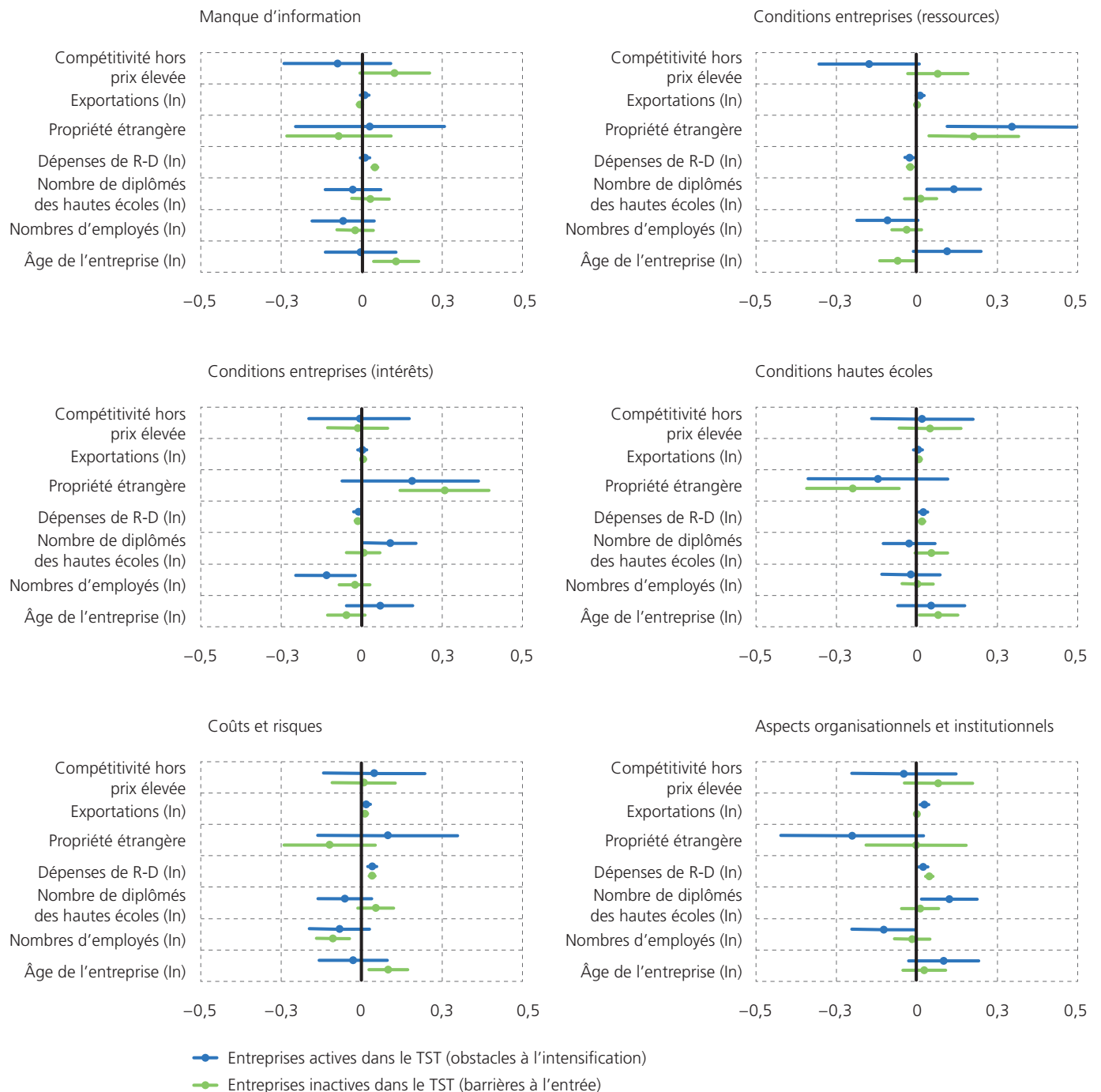
Le graphique montre la part des entreprises qui, durant les trois périodes d'enquête, ont attribué une grande importance à au moins un obstacle au TST au sein de chaque catégorie (valeur 4 ou 5 sur une échelle de 1 à 5).
Base : entreprises actives dans le TST
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Les graphiques C 4.20 et C 4.21 indiquent quels sont les obstacles qui concernent tel ou tel type d'entreprise.²⁷ Ceci, tout en distinguant les entreprises actives dans le TST de celles qui ne le sont pas. Pour ces dernières, les obstacles identifiés représentent une barrière à l'entrée dans le TST, alors qu'ils constituent des obstacles à l'intensification de leur activité pour les entreprises déjà engagées dans le TST.

Barrières à l'entrée : les entreprises actives en R-D identifient aussi des lacunes au sein des hautes écoles

Des dépenses de R-D élevées constituent un déterminant essentiel pour le TST. Pourtant, une série d'entreprises actives dans la R-D ne pratiquent pas le TST. Du point de vue de la politique économique, leur sensibilité aux obstacles devrait faire l'objet d'une grande attention. Les entreprises dont les dépenses de R-D sont relativement élevées ont une probabilité significativement plus élevée d'identifier un manque d'information, des conditions insuffisantes pour échanger du savoir-faire avec les hautes écoles, des aspects de coûts et de risques et des obstacles organisationnels et institutionnels comme des catégories d'obstacles importants (graphique C 4.20).

²⁷ Remarque technique : ce graphique montre les estimateurs MCO (moindres carrés ordinaires) regroupés de l'équation des obstacles et leurs intervalles de confiance à 90 %. Si l'intervalle de confiance ne comprend pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les barrières à l'entrée se rapportent aux entreprises qui n'ont pas été actives dans le TST au cours des six dernières années précédant le moment de l'enquête. Les obstacles à l'intensification concernent les entreprises qui ont été actives dans le TST durant la même période. Les variables dépendantes sont six catégories d'obstacles décrites. Les variables de contrôle supplémentaires comprennent 33 variables muettes industrielles, temporelles et pour les champs technologiques.

Graphique C 4.20 : Obstacles au transfert de savoir : caractéristiques des entreprises

Aide à la lecture : les entreprises inactives dans le TST ayant des dépenses (modérées) de R-D identifient nettement plus souvent les facteurs liés à l'information comme étant un obstacle important à la pratique d'activités de TST.

Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Lorsque l'on considère les catégories d'obstacles en détail, il apparaît que le manque d'information sur les activités de recherche des hautes écoles, la difficulté à identifier les interlocuteurs adéquats dans les hautes écoles, le manque d'esprit d'entreprise dans les hautes écoles, l'absence d'une garantie de confidentialité protégeant le savoir-faire interne de l'entreprise, des priorités diffé-

rentes et une base de confiance insuffisante sont les principales raisons de renoncer au TST invoquées par les entreprises. Des mesures de politique économique visant un changement dans ces domaines seraient hautement susceptibles d'augmenter la part d'entreprises actives dans le TST.

Barrières à l'entrée: l'orientation technologique de l'entreprise est essentielle

Si les entreprises axées sur la microélectronique considèrent souvent que les conditions au niveau des hautes écoles et les obstacles organisationnels et institutionnels sont des entraves importantes, les entreprises orientées vers l'informatique soulignent surtout les aspects de coûts et risques (graphique C 4.21).²⁸ Les entreprises actives dans la technologie médicale déplorent le manque d'information relatif au TST et elles mentionnent également les coûts et risques ainsi que les facteurs organisationnels et institutionnels au nombre des motifs importants de ne pas pratiquer le TST. Les entreprises qui recourent à des techniques de réalisation flexibles et intégrées manquent d'informations. Elles invoquent aussi souvent les conditions au niveau des hautes écoles comme catégorie d'obstacles importante. Notons encore un point intéressant: dans aucun des champs technologiques examinés, les entreprises n'ont perçu les conditions au niveau de l'entreprise même comme un obstacle important.

L'expérience du TST modifie les obstacles spécifiques aux technologies. Les conditions au niveau des hautes écoles perdent en importance

Globalement, on observe moins de liens statistiquement significatifs entre l'orientation technologique et l'évaluation des catégories d'obstacles. Ce constat indique que les mesures visant à intensifier le TST sont moins spécifiques aux technologies que les mesures visant à réduire les barrières à l'entrée dans le TST.

S'agissant des entreprises actives dans le TST, une corrélation positive avec la catégorie d'obstacles « conditions au niveau des hautes écoles » n'apparaît plus que dans le domaine technologique des télécommunications et dans la technique médicale (graphique C 4.21).²⁹ Les entreprises actives dans le domaine des nanotechnologies, dans les technologies de l'environnement et, surtout, celles qui opèrent avec des modèles financiers (p. ex. les banques et les assurances) constatent fréquemment des insuffisances internes à l'entreprise après avoir mené des activités de TST. En ce qui concerne les entreprises nanotechnologiques, il s'agit en particulier d'obstacles liés à l'intérêt de l'entreprise pour les projets scientifiques. Pour les entreprises axées sur les techniques de l'environnement, les conditions dictées par les ressources internes de l'entreprise (p. ex. le manque de personnel spécialisé pour le trans-

fert de savoir ou le manque d'équipements techniques) s'opposent à une intensification du TST. Quant aux entreprises qui recourent aux modèles financiers mathématiques, les deux obstacles sont d'importance pour elles. C'est seulement une fois l'expérience du TST acquise que les catégories d'obstacles « coûts et risques » et « aspects organisationnels et institutionnels » sont aussi mises en évidence dans le domaine des nanotechnologies. Dans le domaine de l'informatique, le manque d'information et les aspects organisationnels et institutionnels demeurent d'importantes catégories d'obstacles.

Les entreprises actives dans le TST et qui attachent de l'importance à Innosuisse présentent une plus forte corrélation entre les dépenses de R-D et la performance d'innovation

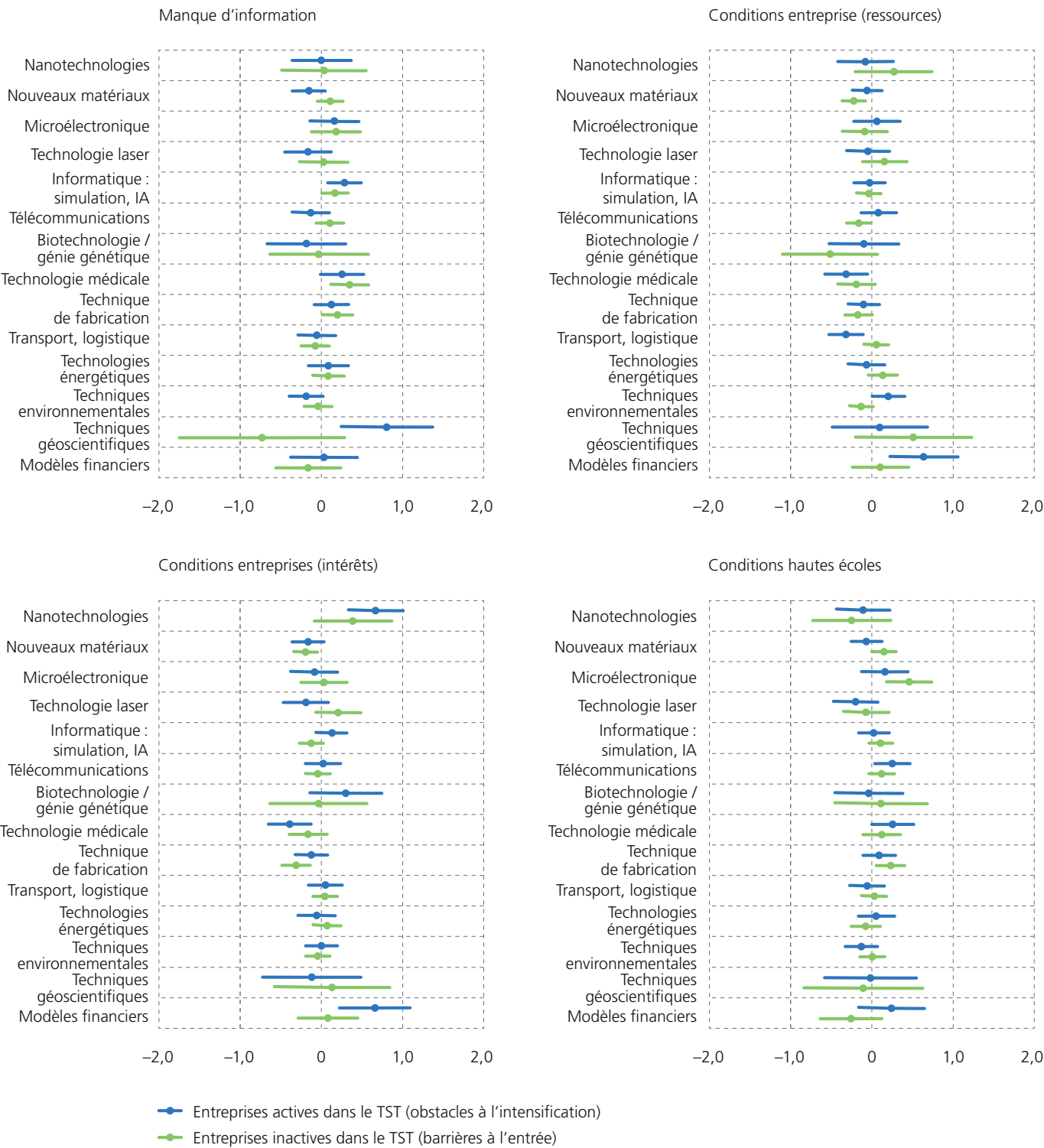
À ce stade, l'analyse a mis en évidence que les activités de R-D menées par les entreprises constituaient un facteur essentiel pour convertir les résultats du transfert de savoir en succès commercial. Les agences de promotion de l'innovation, comme Innosuisse, qui mettent des moyens financiers à la disposition de projets d'innovation grâce à leurs mesures d'encouragement, peuvent ainsi générer des dépenses de R-D supplémentaires au niveau des entreprises (Beck et al., 2016). Le graphique C 4.22 montrent que les entreprises actives dans le TST qui accordent une grande ou très grande importance à Innosuisse dans le transfert de savoir, tout en consentant des dépenses de R-D élevées, présentent une performance d'innovation nettement plus élevée. La corrélation entre les dépenses de R-D, le succès commercial des produits innovants et le chiffre d'affaires total est significativement plus forte pour les entreprises qui attribuent une grande importance à Innosuisse. Les graphiques C 4.22 a) et c) illustrent les effets à la marge significativement plus importants des dépenses de R-D lorsque les entreprises accordent une grande importance à l'encouragement de l'innovation par Innosuisse. On observe des corrélations similairement positives pour les entreprises qui accordent une grande ou une très grande importance aux programmes de l'UE, bien qu'une comparaison directe fasse apparaître que celles-ci sont statistiquement plus faibles et moins largement étayées (graphiques C 4.22 b) et d)). D'une manière générale, nous pouvons donc noter que les entreprises actives dans le TST sont plus à même de mener leurs activités de R-D efficacement au succès commercial si elles estiment que les agences de promotion de l'innovation sont importantes ou très importantes.³⁰

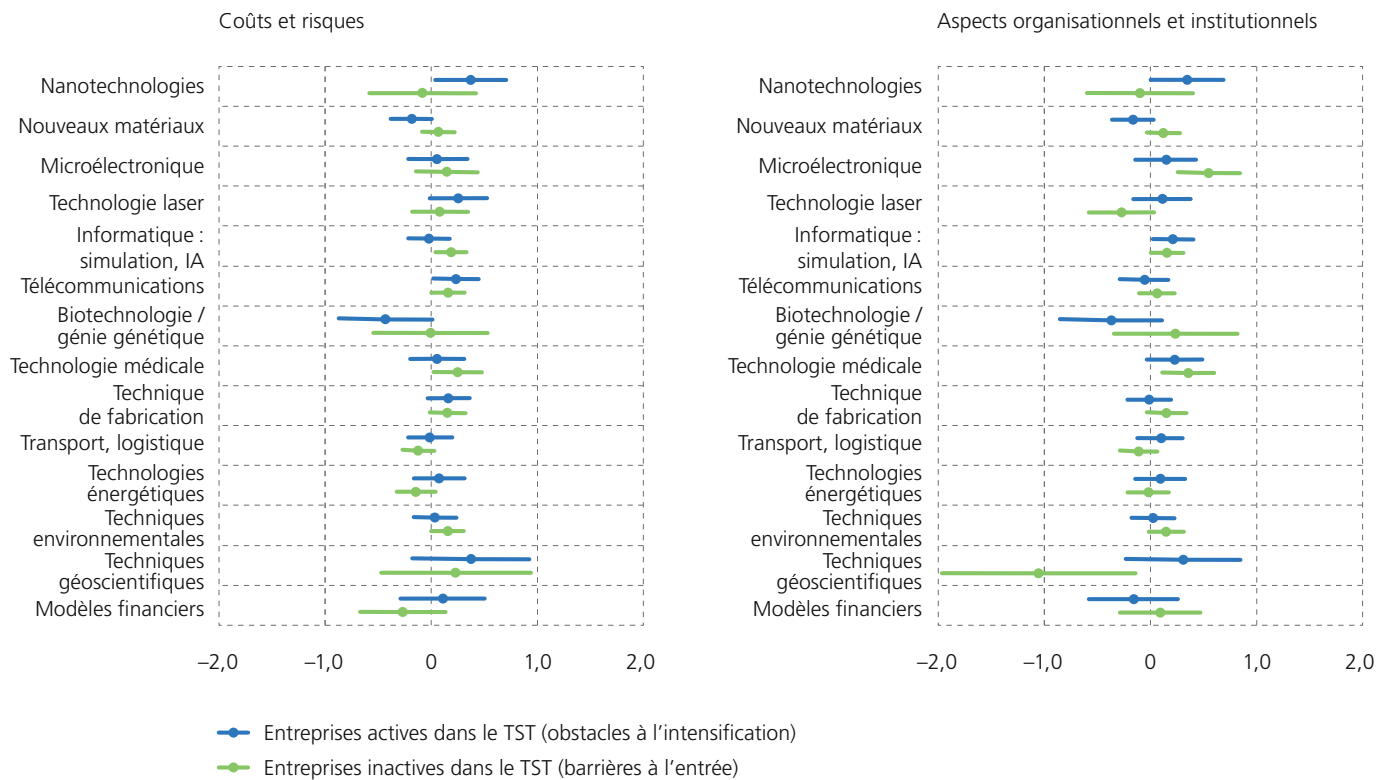
²⁸ Remarque technique: ce graphique montre les estimateurs MCO (moindres carrés ordinaires) regroupés de l'équation des obstacles et leurs intervalles de confiance à 90 %. Si l'intervalle de confiance, représenté par le trait délimité de part et d'autre, ne comprend pas la ligne du zéro, l'effet est réputé significativement différent de zéro. Les barrières à l'entrée se rapportent aux entreprises qui n'ont pas été actives dans le TST au cours des six dernières années précédant le moment de l'enquête. Les obstacles à l'intensification concernent les entreprises qui ont été actives dans le TST durant la même période. Les variables dépendantes sont six catégories d'obstacles décrites. Les variables de contrôle supplémentaires comprennent 33 variables fictives industrielles, temporelles et les caractéristiques d'entreprise déjà mentionnées.

²⁹ La corrélation positive pour ces deux technologies dans la catégorie d'obstacles visée est illustrée par le fait que l'intervalle de confiance (trait délimité de part et d'autre) ne comprend pas la ligne du zéro.

³⁰ Remarque technique: Innosuisse et les programmes de l'UE sont des variables binaires (0/1) qui indiquent si elles sont investies d'une grande importance lors des échanges de savoir. Innosuisse et les programmes de l'UE ont été estimés individuellement dans des équations bidimensionnelles de manière à anticiper les effets de la forte multicollinéarité. Tous les modèles sont estimés avec des effets aléatoires. Ils contiennent les variables explicatives Personnel employé (ln), Employés diplômés de hautes écoles (ln), Investissements (ln), Exportations (ln), Âge de l'entreprise (ln), Propriété étrangère, ainsi que les variables fictives temporelles et de branches.

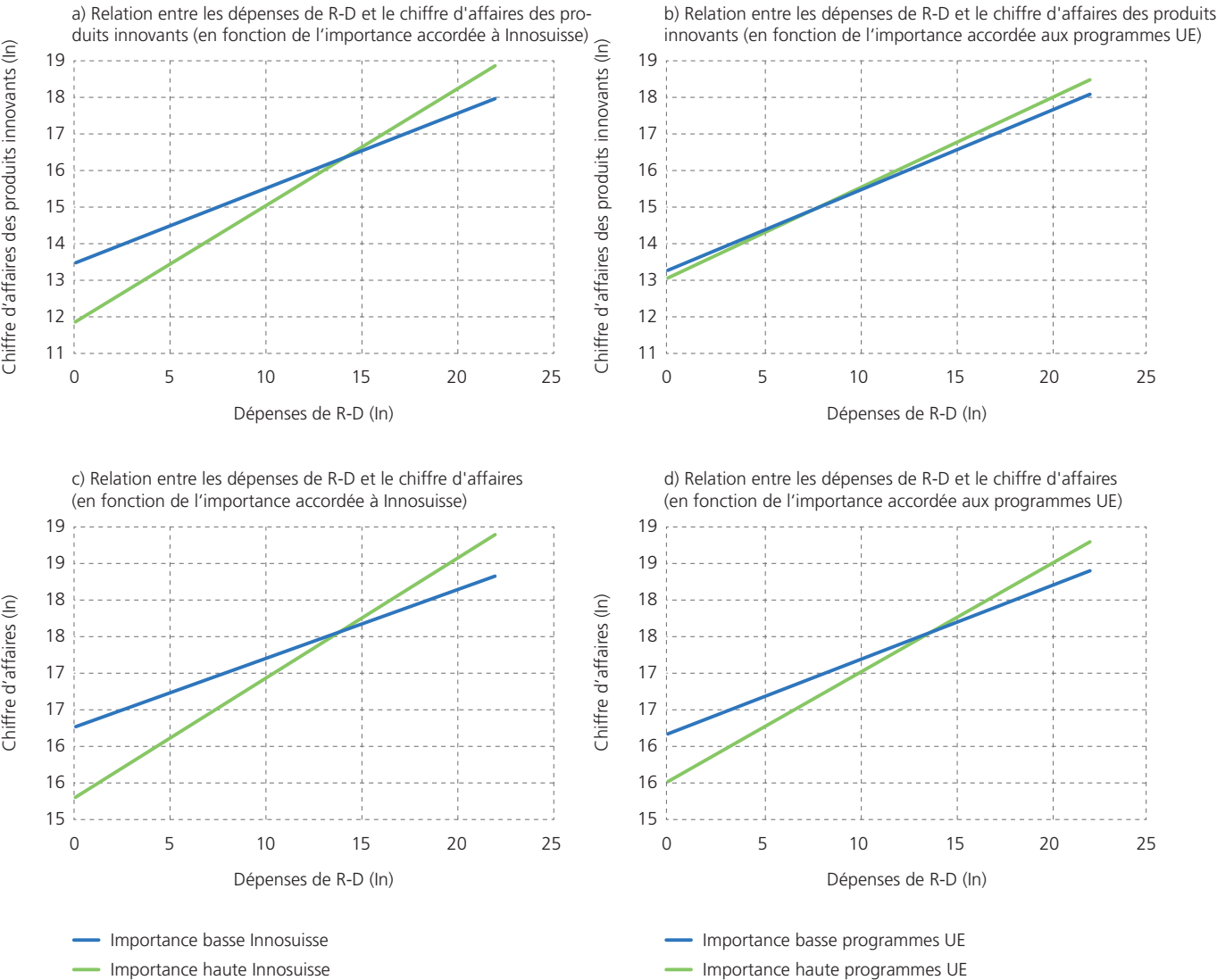
Graphique C 4.21 : Obstacles du transfert de savoir : activités technologiques





Aide à la lecture : les entreprises actives dans le TST dans le domaine « Informatique : simulation, IA » identifient nettement plus souvent les facteurs liés à l'information comme étant un obstacle important à l'intensification de leurs activités de TST.
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

Graphique C 4.22 : Dépenses de R-D, importance des institutions de promotion de l'innovation dans le cadre du TST et performance de l'entreprise



Aide à la lecture : les entreprises qui, dans le cadre de leurs activités de TST, accordent une grande importance à Innosuisse affichent une corrélation plus forte entre les dépenses de R-D et le chiffre d'affaires des produits innovants.
Source : enquête du KOF sur le TST (2018)

4.6 Conclusions

La présente étude montre que le TST pratiqué en Suisse a le potentiel d'accroître sensiblement la compétitivité des entreprises et leur succès en matière d'innovation. Les hautes écoles fournissent ainsi une contribution à la société qui va au-delà de leur pure fonction d'enseignement et de recherche fondamentale. Lorsque les bonnes conditions sont réunies, le TST entre les hautes écoles et les entreprises accroît aussi le succès commercial des produits et services innovants. Il soutient ainsi le développement durable de l'entreprise et réduit la probabilité de périodes financièrement difficiles (« valley of death »), qui menacent surtout les jeunes entreprises pendant leur phase de développement.

Dans ce contexte, l'étude montre que les investissements des entreprises dans la R-D sont une caractéristique essentielle des entreprises actives dans le TST. Ils attestent d'une meilleure compréhension de la recherche menée par les hautes écoles et augmentent, à l'instar d'une culture de l'innovation ouverte ou d'une forte proportion de collaborateurs bien formés, la probabilité que des activités de TST soient conduites. Les facteurs internes à l'entreprise sont une condition nécessaire, mais non suffisante : des conditions adéquates propices au TST doivent être réunies au sein des hautes écoles et à leur interface avec les entreprises. Le manque d'information sur les activités de recherche dans les hautes écoles, la difficulté à trouver le bon interlocuteur, l'esprit d'entreprise insuffisant dans les hautes écoles, l'absence d'une garantie de confidentialité ou le manque d'exclusivité ainsi que des priorités différentes contribuent à ce que des entreprises actives dans la R-D ne pratiquent pas le TST.

Un environnement favorable aux investissements dans la R-D améliore la probabilité d'un TST fructueux et il augmente donc l'utilité des hautes écoles pour l'économie privée. Un tel environnement comprend les prestations d'encouragement d'Innosuisse et l'accès aux institutions internationales de promotion de l'innovation (p. ex. celles de l'UE). Ces institutions ont le potentiel d'accroître le succès commercial des produits et services innovants. Les mesures visant à instaurer une culture de l'innovation ouverte au sein des entreprises (p. ex. par des mesures d'information ou par l'encouragement à participer à des projets de coopération internationaux) concourent également à promouvoir le TST. Disposer de diplômés de hautes écoles bien formés constitue par ailleurs un facteur essentiel du transfert fructueux des connaissances. Ces diplômés véhiculent le savoir des hautes écoles directement dans les entreprises, où ils contribuent aussi à une meilleure compréhension de la recherche conduite dans les hautes écoles. La présente étude montre également que l'accès aux marchés de ventes internationaux ne crée pas seulement des incitations au TST, mais qu'il accroît aussi les possibilités dont dispose l'entreprise pour valoriser commercialement le savoir des hautes écoles.

En ce qui concerne les mesures de politique économique plus concrètes, il faudrait prendre en compte le fait que les obstacles au transfert sont spécifiques aux technologies. Par exemple, les entreprises du domaine de la microélectronique sont concernées par d'autres facteurs que les entreprises informatiques. Il faudrait accorder une attention particulière aux « technologies d'avenir ».

Le TST se déploie dans un environnement très dynamique sur le plan technologique. Les profils technologiques et les besoins des entreprises changent également sous l'influence des développements, notamment dans les domaines de la numérisation, des technologies environnementales ou des technologies médicales. Ce dynamisme peut fortement influencer l'importance et l'efficacité du TST. C'est pourquoi il convient de suivre attentivement le dynamisme structurel de l'économie privée (p. ex. la tertiarisation de l'économie) également dans la perspective de son impact sur le TST.





Une association européenne de recherche veut forer dans le sol de l'Antarctique pour trouver de la glace datant de 1,5 million d'années. L'analyse des données climatiques issues de la glace devrait contribuer à une meilleure compréhension de l'alternance entre les périodes chaudes et froides. Le Centre Oeschger pour la recherche climatologique (OCCR) de l'Université de Berne participe également au projet. L'OCCR s'est notamment développé sur les bases de l'ancien pôle de recherche national « climat », et mène des recherches interdisciplinaires à la pointe de la science climatique. En utilisant les archives climatiques naturelles provenant des carottes de glace, des sédiments lacustres, des stalagmites et des cernes des arbres, mais aussi sur la base de documents historiques, les chercheurs regardent jusqu'à plusieurs milliers d'année en arrière. La reconstitution complète du climat du passé est l'une des compétences de base de l'OCCR. Les longues séries de données et de mesures proxy en Europe et en Suisse permettent des reconstitutions climatiques d'une qualité unique au monde. Ces indicateurs indirects fournissent un aperçu détaillé du diagnostic à long terme de la dynamique atmosphérique (pression, précipitations et température), des causes du changement climatique et des statistiques des événements extrêmes. Illustration : Manu Friedrich

PARTIE C : ÉTUDE 5

Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques

Synthèse

La présente étude se concentre sur le transfert de savoir et de technologie (TST) entre, d'une part, les hautes écoles et les institutions de recherche suisses (organisations scientifiques) et, d'autre part, les entreprises. L'échange de savoir est particulièrement important entre les instituts des hautes écoles spécialisées qui collaborent intensivement avec les PME suisses. Les instituts du domaine des EPF présentent une intensité d'échange de savoir également élevée. Leur nombre de demandes de brevets, de contrats de licence et de spin-off comparativement important est frappant. Une bipartition a lieu entre les instituts des universités cantonales: près de la moitié des instituts universitaires, dont une multitude se rattachant aux sciences naturelles, présentent un comportement comparable aux instituts des EPF. L'autre moitié attribue une plus grande importance à la recherche fondamentale et à l'enseignement ainsi qu'aux prestations au bénéfice de la société (p. ex. des prestations médicales). D'importantes organisations intermédiaires (p. ex. les agences publiques d'encouragement, les offices de TST) se caractérisent par le fait qu'elles sont plus ancrées dans une haute école ou une organisation de recherche et apportent des connaissances des marchés et des clients.

Un peu plus de trois quarts de tous les instituts des hautes écoles et des institutions de recherche en Suisse ont collaboré avec des entreprises privées en Suisse au cours des années 2015 à 2017. Par ailleurs, quatre instituts sur dix ont coopéré avec des entreprises sises à l'étranger. Les principales motivations des instituts pour participer à l'échange de savoir sont l'application de leur savoir dans le but de résoudre des problèmes pratiques, le renforcement et le financement de la recherche, l'acquisition de savoir lié à la pratique et, enfin, l'accroissement de la visibilité externe de l'unité de recherche. Les canaux les plus importants dans l'échange de savoir sont les mécanismes informels (p. ex. les contacts avec les collaborateurs dans l'entreprise, l'échange lors de manifestations ou les contacts avec des anciens collaborateurs) et les coopérations de R-D encouragées publiquement. Ces raisons et mécanismes ne sont toutefois pas valables de manière identique pour tous les instituts. L'intensité de l'échange de savoir varie également selon le type de l'organisation et le domaine de spécialisation.

L'échange de savoir entre les instituts des hautes écoles spécialisées (HES) qui collaborent intensivement avec les PME suisses est le plus important. Ils attachent de loin la plus grande importance aux mécanismes liés à la recherche et à la formation. La culture organisationnelle interne et le règlement des HES accordent une importance considérable aux activités relatives à l'application et favorisent par conséquent le travail avec et pour les entreprises. Les instituts des HES indiquent toutefois qu'une charge d'enseignement trop élevée et des difficultés lors du financement des projets limitent leurs possibilités d'échange de savoir. Dans les instituts du domaine des EPF, l'intensité de l'échange

de savoir est également élevée, ce qui est dû en premier lieu aux branches de l'ingénierie fondamentalement très orientées vers la pratique et l'industrie, ainsi qu'à l'excellence de la recherche. Cet important échange de savoir explique également le nombre relativement élevé de demandes de brevets, de contrats de licences et de spin-off. L'identité de ces instituts, les réglementations internes et, enfin, les formes et l'étendue de l'échange de savoir sont différentes de celles des hautes écoles spécialisées: la recherche fondamentale et les qualifications des scientifiques ont une importance bien plus élevée. Bien que les instituts des EPF collaborent fréquemment avec les entreprises, cette collaboration se limite avant tout aux coopérations de recherche. D'autres formes de collaboration sont moins fréquentes, ce qui est notamment dû à la réglementation plus stricte des institutions des EPF en matière de coopération avec les entreprises.

Les instituts des universités cantonales, qui constituent de loin le plus grand groupe de l'enquête, présentent un tableau significativement plus hétérogène que les EPF et les HES. À l'instar de la plupart des instituts des EPF, près de la moitié des instituts universitaires (nombreux parmi ceux-ci relevant des sciences naturelles) maîtrise de façon assez fructueuse le fossé qui existe entre la recherche fondamentale et la mise en œuvre dans la pratique. En revanche, l'autre moitié émet plutôt des réserves quant à l'échange de savoir. Cette dernière attribue une place significativement plus importante à la recherche fondamentale et à l'enseignement ainsi qu'aux prestations pratiques pour la société (p. ex. les prestations médicales), qui ne comportent pas obligatoirement un transfert de savoir. Ces instituts ont une motivation plutôt faible et disposent de moins de ressources pour l'échange de savoir avec les entreprises privées et se préoccupent davantage de la conciliation avec leurs autres tâches. Leur engagement dans l'échange de savoir est par conséquent nettement en retard par rapport aux autres instituts.

Les instituts extra-universitaires présentent également un comportement hétérogène en ce qui concerne le TST. Une partie d'entre eux présente une très forte orientation vers l'étranger, qui se reflète également dans l'échange de savoir. En revanche, d'autres instituts sont plutôt orientés régionalement. Des formes d'échange de savoir basées sur l'enseignement ne jouent naturellement aucun rôle dans les instituts extrauniversitaires. Toutefois, ces derniers sont comparativement actifs en matière de dépôt de licences et de création de spin-off. Ils sont également très présents dans l'échange de savoir, notamment dans un contexte informel.

Au cours des dernières décennies, une série d'organisations intermédiaires (OI) sont apparues en Suisse, qui encouragent l'échange de savoir entre la science et l'économie (p. ex. des agences publiques d'encouragement, des offices de TST dans les hautes écoles ou des organisations de TST privées). Près de la moitié des instituts interrogés attribuent une importance moyenne, grande voire très grande à l'encouragement public de l'innovation. Pas moins de 40 % des instituts évaluent les offices de TST de la

même manière. Cela n'est pas le cas pour tous les autres types d'organisations, comme par exemple pour les parcs scientifiques et d'innovation, les pépinières d'entreprises, les fonds, les centres coopératifs de recherche et les outils basés sur Internet : 80 à 90 % des instituts les décrivent comme moins significatifs. Leur faible effet est notamment l'expression de la diversité et de la fragmentation de l'écosystème de l'innovation en Suisse. Cette diversité peut certes avoir des effets positifs, par exemple du fait de la multiplicité des offres et de la présence d'une concurrence entre les OI, mais peut aussi conduire à des doublons et à un manque de clarté. D'un point de vue de la science, les organisations intermédiaires significatives se distinguent de celles moins significatives par le fait qu'elles sont plus fortement ancrées dans une haute école ou dans une organisation de recherche, qu'elles travaillent de manière plutôt spécifique et moins interdisciplinaire, qu'elles apportent des connaissances des marchés et des clients et qu'elles réalisent des manifestations intéressantes pour la science.

Contenu étude 5

5.1. Introduction	279
5.2 Acteurs et mécanismes de l'échange de connaissances 280	
5.2.1 Les instituts et leurs entreprises partenaires	
5.2.2 Mécanismes d'échange de connaissances	
5.3 Facteurs d'influence sur les échanges de connaissances 289	
5.3.1 Facteurs d'influence internes: ressources et compétences des collaborateurs et ressources des instituts	
5.3.2 Soutien apporté par des organisations intermédiaires	
5.3.3 L'échange de connaissances: motifs et obstacles	
5.4 Conclusions	305

5 Analyse du transfert de savoir et de technologie en Suisse du point de vue des organisations scientifiques

5.1. Introduction

La politique d'innovation de la Suisse garantit d'une part des conditions-cadres favorables à l'innovation, par exemple en droit fiscal, en droit de la concurrence, en droit du travail ou en vertu de politiques sectorielles (énergie, santé, transports et environnement). D'autre part, dans l'esprit de fédéralisme qui prévaut pour la formation, la Confédération et les cantons assurent les entreprises de disposer d'un nombre suffisant de diplômés qualifiés grâce à la formation professionnelle et à la formation académique (Hotz-Hart & Rohner, 2014). La politique de la recherche consiste à encourager la recherche fondamentale et appliquée et le développement (Arvanitis & Hollenstein, 2012 ; Hotz-Hart & Rohner, 2014 ; OCDE, 2016). Elle se concentre sur les hautes écoles et les institutions de R-D extra-universitaires et n'alloue pratiquement aucun fonds d'encouragement à l'innovation directement aux entreprises. Il incombe à celles-ci de puiser le savoir académique et les techniques dans les hautes écoles et les institutions de R-D extra-universitaires pour les convertir en produits commercialisables, en procédés inédits ou en changements de gestion.

Des études menées dans divers pays ont montré qu'une telle politique d'innovation, focalisée sur le transfert de savoir et de technologie (TST), peut fondamentalement conduire au succès tout en exerçant des effets positifs sur les entreprises. Selon ces études, la coopération avec le monde scientifique accroît l'engagement dans la R-D, le taux d'innovation ainsi que la productivité du travail des entreprises (Beck et al., 2018 ; pour la Suisse : Arvanitis et al., 2008a). Certes, il apparaît régulièrement que toutes les entreprises n'y participent pas ni ne peuvent en bénéficier dans la même mesure (en particulier, les grandes entreprises profitent plus que les PME et les branches de haute technologie plus que les branches de basse technologie). Mais, en fait, les entreprises bénéficiaires sont surtout celles qui sont établies dans la zone de rayonnement géographique des hautes écoles ou des institutions de recherche. Le transfert de savoir par l'entremise de diplômés formés scientifiquement et hautement qualifiés favorise lui aussi surtout l'économie régionale (Beck et al., 2018). Enfin, les entreprises issues d'un projet universitaire (spin-off) et les jeunes pousses contribuent au renouvellement des structures de branche.

Outre l'intérêt des entreprises, la pratique fructueuse du TST au sens le plus large requiert des institutions scientifiques qu'elles soient disposées à s'engager avec l'intensité voulue dans les multiples formes de coopération avec l'économie et la société. En plus de ses missions d'enseignement et de recherche, la science doit donc assumer une mission de transfert qu'il lui incombe de définir et de configurer dans le cadre que lui ménage son autonomie. Elle est appuyée par les mesures d'accompagnement que prennent la Confédération, les cantons, les communes, les organisations économiques, les fondations, etc. L'accomplissement de cette mission de transfert achoppe à des barrières d'origines multiples

qui se manifestent notamment par des lacunes de financement, d'interaction, de communication ou de connaissances (Kochenkova et al., 2016).

Pour formuler une politique de soutien, il est essentiel d'identifier en temps utile l'importance de ces lacunes, de leurs causes et de leur évolution au fil du temps. La dernière enquête organisée en Suisse a été menée en 2011 par le Centre de recherches conjoncturelles KOF de l'EPF de Zurich auprès de 164 instituts actifs dans des domaines concernés par le TST (Arvanitis et al., 2012). L'étude présentement décrite se réfère à des études de cas et à une enquête menée en 2018 sur le TST entre le secteur scientifique suisse et les entreprises. Elle est axée sur les questions clés suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques des instituts pratiquant le TST et de leurs partenaires de l'économie privée en Suisse ?
- Quels canaux le monde scientifique privilégie-t-il pour échanger les connaissances ? Pourquoi sont-ils utilisés ? Quelle est l'intensité de cette utilisation ?
- Pourquoi certains instituts de hautes écoles sont-ils plus actifs que d'autres dans l'échange des connaissances ? Quel rôle jouent les caractéristiques structurelles, la culture d'organisation et le soutien externe quant à l'engagement des institutions scientifiques en faveur du transfert ? Quelles organisations intermédiaires soutiennent effectivement les échanges de connaissances ?
- Du point de vue des scientifiques, quels sont pour l'essentiel les facteurs de motivation en faveur, respectivement les obstacles à l'encontre du TST avec les entreprises privées ?
- Quelles mesures de politique d'innovation ou de politique des hautes écoles permettent de soutenir l'intensité et l'efficacité des échanges de connaissances ?

Méthodologie

Une enquête en ligne a été réalisée auprès des responsables d'instituts, afin d'analyser les échanges de connaissances entre les organisations scientifiques et le secteur privé en Suisse. Dans ce cadre sont réputées « instituts » les unités d'organisation qui réalisent des projets de R-D et dont les cadres à interroger assument la responsabilité de projet et de personnel pour un nombre de projets et de personnes (10 à 50) contrôlables pour eux. Selon la structure interne d'une organisation scientifique ou de ses facultés, il peut s'agir d'instituts au sens propre, de laboratoires, de sections, de groupes ou d'autres unités. Le groupe-cible a été réduit à 28 domaines qui échangent avant tout des connaissances avec des entreprises privées : sciences de la nature, sciences de l'ingénieur et technologie, sciences médicales et de la santé, sciences agronomiques et médecine vétérinaire ainsi qu'une sélection de sciences sociales.

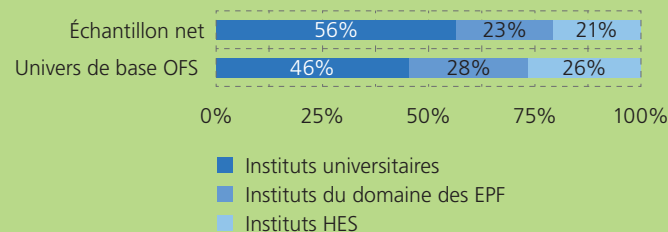
Les instituts ont été invités à remplir un formulaire en ligne entre juin et août 2018. Sur les 1980 instituts que comptait l'univers de base, 1187 ont activé le lien donnant accès au questionnaire en ligne ou ont répondu au courriel d'invitation à participer (59,9 %). 943 réponses valables (47,6 % des 1980 instituts) ont pu être considérées dans l'analyse.

Comparaison avec les données de l'OFS

Les résultats de l'enquête sont représentatifs au niveau national si la répartition des instituts ayant participé à l'enquête (échantillon net) reflète la structure des hautes écoles suisses. Ainsi, la répartition des instituts de l'enquête a été comparée à la répartition des instituts selon les données des hautes écoles de l'Office fédéral de la statistique (OFS). Cette comparaison a été effectuée à travers la part des emplois scientifiques de chaque type de haute école (université cantonale, EPF et HES).

Il apparaît que les instituts universitaires sont surreprésentés dans les données enregistrées, alors que les EPF et les instituts des HES y sont légèrement sous-représentés (graphique C 5.1). Logiquement, les sciences de l'ingénieur sont également sous-

Graphique C 5.1 : Comparaison des données de l'enquête avec les données de la statistique des hautes écoles de l'OFS, par type de hautes écoles



Source : Enquête FHNW (2018), STAT-TAB de l'OFS (2019), calculs de la FHNW

représentées dans les données de cette enquête. En revanche, les instituts qui mènent des recherches dans le domaine des sciences naturelles sont surreprésentés, parce que (a) les instituts actifs dans le domaine médical et en sciences de l'ingénieur sont souvent impliqués dans les sciences naturelles (physique, chimie, biologie ou informatique) ou (b) pour d'autres raisons telles que l'exclusion d'une grande partie des sciences sociales. On ne saurait exclure qu'au niveau de l'agrégation, l'enquête sous-représente les instituts qui pratiquent le transfert de connaissances. Toutefois, une analyse de la non-réponse a confirmé la proportion de ces instituts avec transfert de connaissances, tant dans l'ensemble que par type d'organisation, domaine et taille.

Outre l'enquête en ligne, plusieurs études de cas sur divers projets d'échange de connaissances et des entretiens avec des experts ont été réalisés. Les études de cas présentent les acteurs, les processus, les défis, les solutions et les résultats des projets. De plus, dans le cadre de discussions avec des responsables de transfert d'organisations scientifiques choisies, les raisons qui ont conduit à l'échec de projets d'échange de connaissances ont été examinées.

5.2 Acteurs et mécanismes de l'échange de connaissances

5.2.1 Les instituts et leurs entreprises partenaires

Les 943 instituts ayant pris part à l'enquête et fourni des données évaluables appartiennent aux universités (45 %), aux institutions du domaine des EPF (28 %), aux HES (16 %) et aux établissements non universitaires (11 %). Près des deux tiers de ces instituts ont indiqué mener des recherches dans le domaine des sciences naturelles, environ 40 % dans un domaine des sciences de l'ingénieur, 30 % en médecine ou en agronomie¹ et 20 % dans les sciences

sociales ou économiques (des réponses multiples étaient possibles). Ces instituts comptent en moyenne 46 employés, dont 25 scientifiques (54 %).

Participation des instituts aux échanges de connaissances

Le « transfert de savoir », le « transfert de technologie », la troisième mission (« third mission »), la « commercialisation, l'« esprit d'entreprise académique », etc. sont autant de notions diverses que nous ne pouvons pas discuter ici en détail. C'est pourquoi, dans une acception plus ou moins équivalente, la notion d'« échange de connaissances » est utilisée ici. Cette notion comprend toutes les activités qui servent à créer et à transférer du savoir en impliquant des organisations scientifiques et non scientifiques (typiquement des entreprises) et qui entraînent un gain de connaissances de part et d'autre.

¹ Vu le faible nombre de cas en agronomie (46 instituts), il n'était pas possible de les examiner séparément, de sorte qu'ils ont été regroupés avec les instituts de médecine humaine et de médecine vétérinaire.

83 % de l'ensemble des instituts interrogés ont indiqué avoir échangé des connaissances avec des entreprises en Suisse ou à l'étranger entre 2015 et 2017. Plus de la moitié des instituts ont coopéré aussi bien avec des entreprises en Suisse qu'avec des entreprises à l'étranger, 5 % avec des entreprises à l'étranger seulement et un bon cinquième uniquement avec des entreprises en Suisse. Presque tous les instituts de HES coopèrent avec des entreprises en Suisse (graphique C 5.2). Suivent à quelque distance les instituts du domaine des EPF (84 %), les hautes écoles universitaires (71 %) et les autres organisations (66 %). Le fait que ces dernières échangent des connaissances dans une plus forte proportion (70 %) avec des entreprises à l'étranger qu'avec des entreprises en Suisse s'explique par l'influence du CERN et de SwissTPH, qui représentent ensemble 65 des 102 instituts partenaires extra-universitaires compris dans les données. Les sciences de l'ingénieur sont le plus fréquemment impliquées dans les échanges de connaissances : plus de 90 % des instituts en font état avec des entreprises en Suisse et 74 % avec des entreprises à l'étranger. Plus la taille d'un institut est importante, plus il tendra à participer à l'échange des connaissances. Les instituts de petite et moyenne taille, en particulier, ont nettement plus rarement des entreprises partenaires en Suisse et à l'étranger que les instituts comptant 20 employés ou plus. Cette situation s'explique notamment par le fait que, toutes choses étant égales par ailleurs, les instituts de taille supérieure sont plus susceptibles de disposer d'un savoir et de technologies intéressant les entreprises.

Partenaires des instituts dans l'échange des connaissances

En moyenne, pour l'ensemble des instituts, environ 55 % des entreprises partenaires dans l'échange de connaissances sont des petites et moyennes entreprises (PME) et 45 % sont de grandes entreprises. Les deux tiers sont des entreprises industrielles (un tiers étant des entreprises de prestation de services) et les deux tiers également sont établies en Suisse (contre un tiers à l'étranger). Ces profils se différencient par types d'organisation (graphique C 5.3a) et par domaines (graphique C 5.3b), mais non par la taille

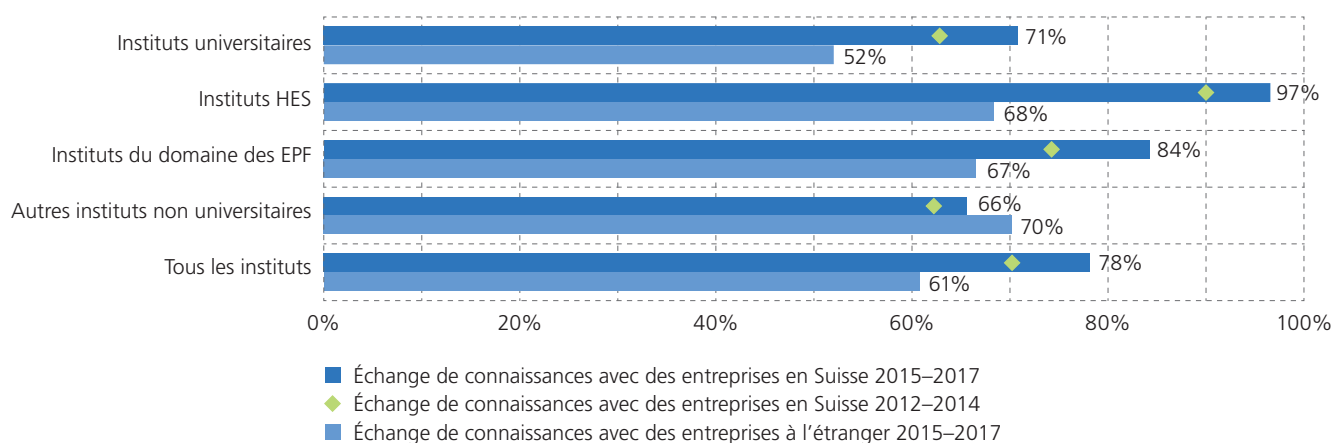
des entreprises (non illustré). Si, parmi les instituts des HES, les PME dominent comme partenaires dans deux cas sur trois, les grandes entreprises sont un peu plus fréquemment partenaires des instituts universitaires. La prédominance des entreprises industrielles s'observe dans tous les types d'organisation. Les instituts HES ont des partenaires suisses dans plus de trois quarts des cas, les instituts EPF et universitaires dans environ deux cas sur trois. Le fait que la majorité des partenaires d'instituts extra-universitaires sont étrangers est essentiellement dû au CERN (dont quatre cinquièmes des partenaires d'échange de connaissances sont à l'étranger). Les partenaires suisses sont prépondérants pour presque tous les autres instituts extra-universitaires.

La comparaison entre domaines met surtout en évidence la spécificité des instituts actifs en sciences économiques et sociales. Leurs partenaires se composent pour environ un tiers d'entreprises industrielles et pour deux tiers d'entreprises de services, alors que le rapport est quasiment inversé dans les trois autres domaines, où les entreprises industrielles représentent entre deux tiers et trois quarts des partenaires. Les instituts des sciences économiques et sociales se concentrent également un peu plus sur les partenaires suisses que ceux des autres domaines.

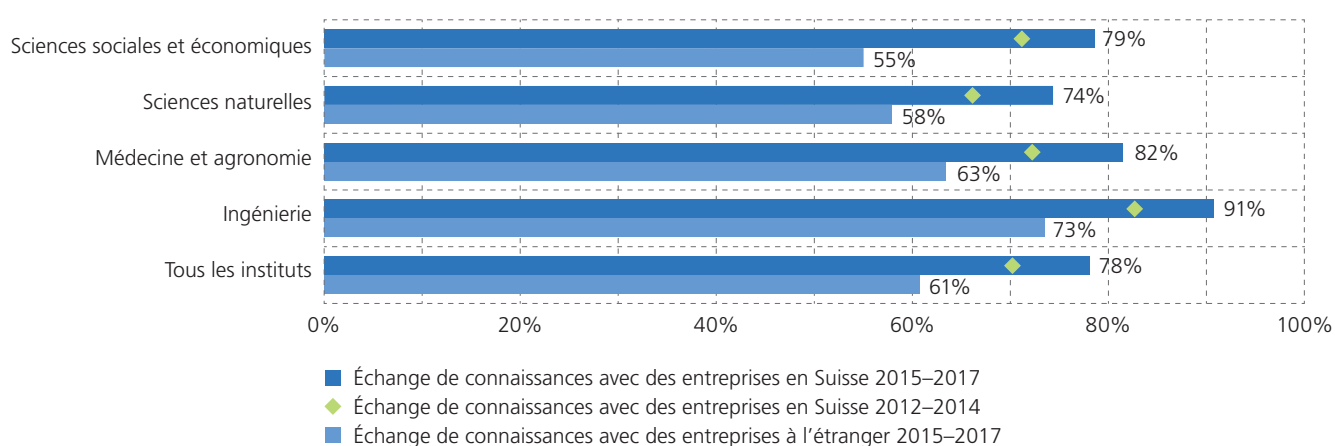
S'agissant des lieux d'implantation des entreprises partenaires étrangères, l'Union européenne (UE) arrive largement en tête : 57 % de l'ensemble des instituts indiquent avoir pratiqué l'échange de connaissances avec des entreprises de l'UE entre 2015 et 2017. Un quart des instituts ont coopéré avec des entreprises sises aux États-Unis. Environ 80 instituts ont échangé des connaissances avec des entreprises chinoises, et le même nombre avec des entreprises japonaises. La petite taille de l'économie suisse et l'inévitable spécialisation économique et technologique rendent de telles coopérations nécessaires. Elles génèrent simultanément une grande utilité pour la Suisse (voir cas d'école 1).

Graphique C 5.2 : Instituts pratiquant l'échange de connaissances avec des entreprises en Suisse ou à l'étranger, par domaine, type d'organisation et taille (selon le nombre d'employés et de scientifiques)

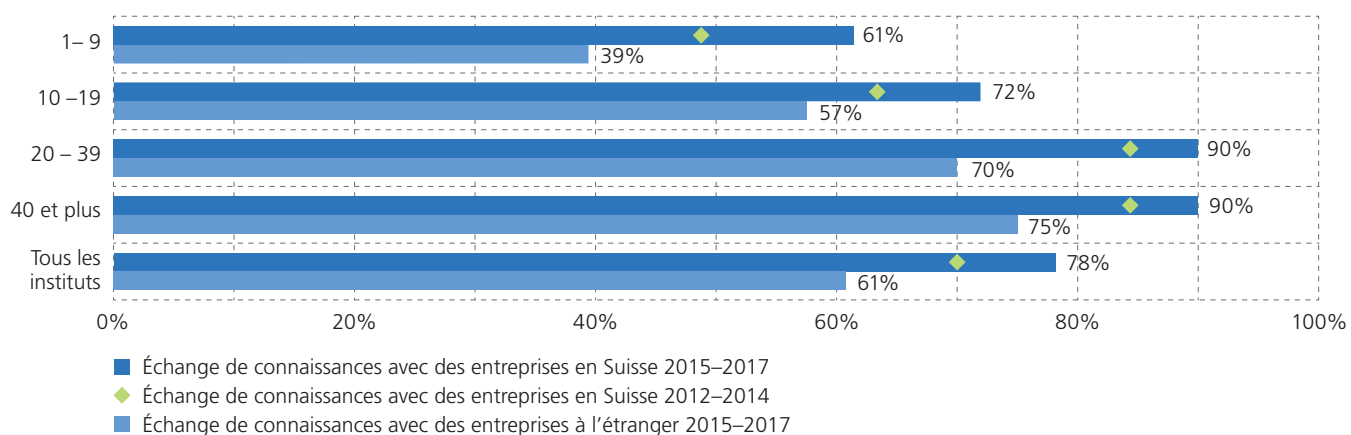
a) Par type d'organisation



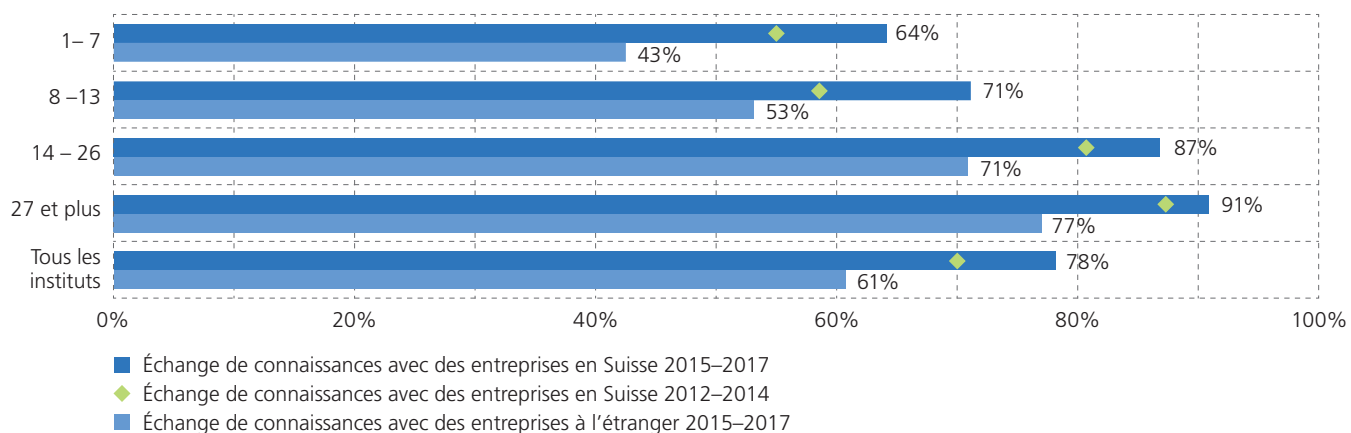
b) Par domaine



c) Par taille, selon le nombre d'employés



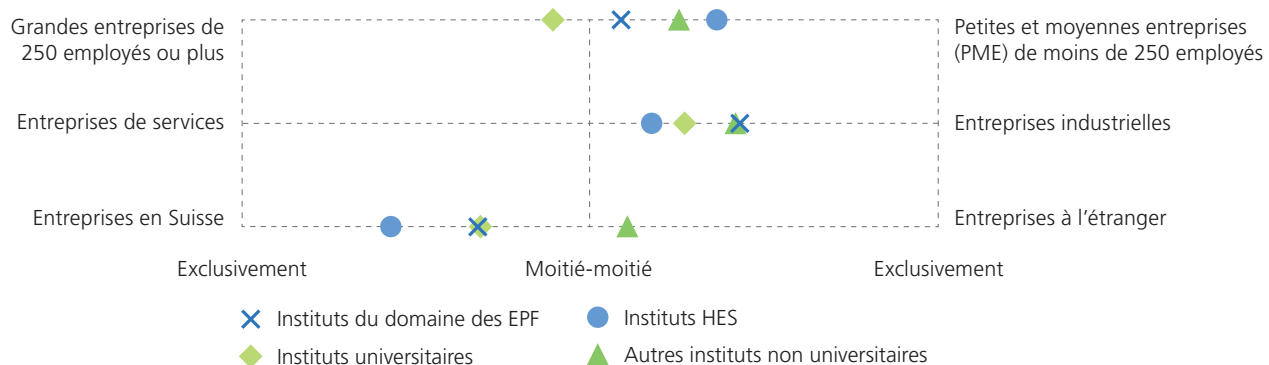
d) Par taille, selon le nombre de scientifiques



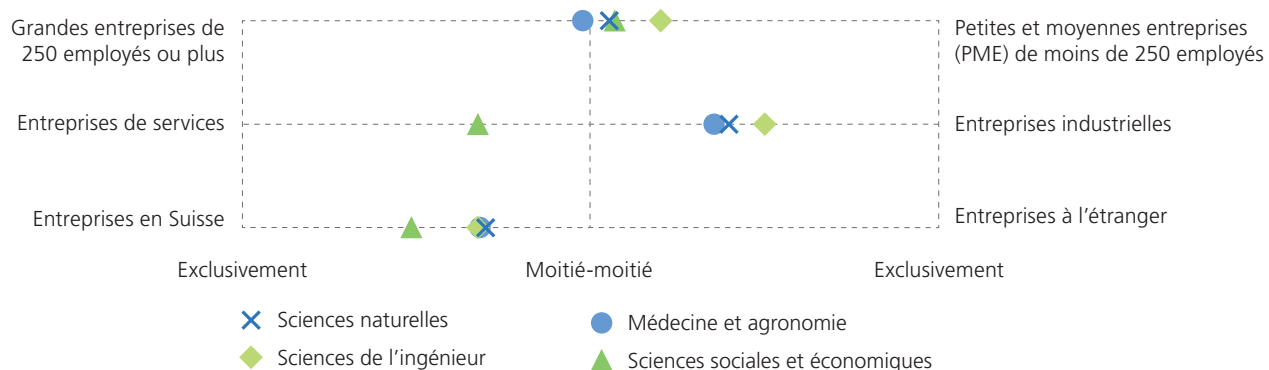
Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.3 : Profils des entreprises partenaires des instituts dans l'échange de connaissances, 2015–2017

a) Par type d'organisation



b) Par domaine



Source : Enquête FHNW (2018)

Cas d'école 1: L'acier à mémoire de forme (memory steel), un matériau inédit pour la branche de la construction

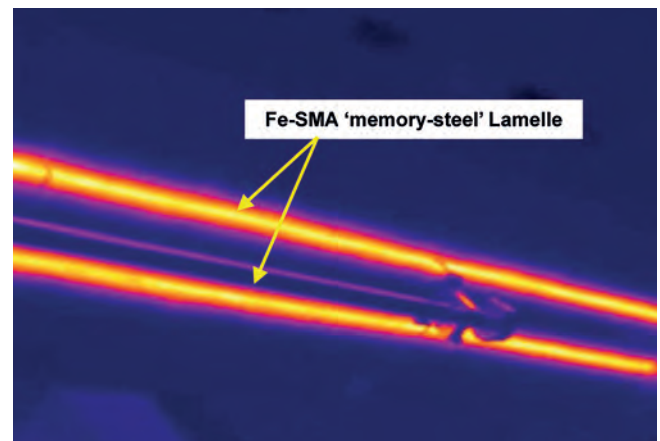
La pré-tension de constructions en béton visant à accroître la stabilité et à éviter les fissures recourt actuellement surtout à des méthodes mécaniques. Des lamelles en fibres de carbone collées permettent en outre d'augmenter la résistance à la rupture des constructions en béton.

En étroite coopération avec de nombreux partenaires scientifiques et économiques suisses et étrangers, l'Empa et la nouvelle entreprise refer SA ont développé un système capable de renforcer et de réparer les constructions en béton de manière inédite. Ce nouvel alliage à mémoire de forme, dont la composition est basée sur le fer et que l'Empa a breveté (Fe-SMA), est commercialisé depuis 2012 par refer sous le nom de « Memory Steel™ ». Un système technique, composé de deux produits pré-tendus pour la construction (barres à nervures et lamelles Fe-SMA), ainsi que des processus, des appareils et du soutien à l'exécution des travaux, a fait l'objet de projets-pilotes dans le marché.

Ce projet de création d'entreprise sur la base d'une invention académique, réussi à ce stade selon l'appréciation des acteurs qui y sont impliqués, présente plusieurs caractéristiques remarquables :

- 1) Le développement du système « Memory Steel™ » a requis, dans toutes ses phases, une coopération entre l'Empa, refer et d'autres hautes écoles et entreprises. Cette coopération, établie contractuellement, a souvent émané d'anciens contacts et de relations antérieures.
- 2) Le projet de transfert a recouru à différents mécanismes et formes de coopération. Par exemple, on a mené aussi bien des activités de recherche fondamentale que de R-D appliquée, partiellement en commun, partiellement à l'Empa sur mandat de refer. En outre, des projets d'étude ou des travaux de diplôme ont complété les séries d'essais réalisés. Notons aussi qu'un collaborateur de l'Empa a rejoint refer : la relation entre les organisations s'est ainsi encore resserrée et des connaissances empiriques implicites ont été transférées.
- 3) Eu égard à la spécialisation scientifique et technique et aux enchevêtrements économiques, il a fallu régulièrement rechercher et solliciter des compétences et des partenaires à l'étranger en Europe et parfois même au-delà. De plus, le

Enregistrement à infrarouge du processus d'activation par chauffage d'une lamelle « Fe-SMA Memory Steel™ » fixée à une poutre en béton



Source: Empa

marché-cible de refer est mondial, puisque le système développé pour renforcer les structures en béton présente des avantages particuliers dans des conditions telles qu'on ne les trouve guère dans un environnement comme la Suisse (p. ex. des dangers importants de séisme et d'incendie). Le projet n'aurait pas été possible sans cette dimension internationale durant toutes les phases de son développement.

- 4) Le manque de financement a constitué un obstacle majeur, voire le principal obstacle, à toutes les phases du projet. Il a engendré des délais de plusieurs années. Ce manque de financement provenait aussi bien de l'aversion du risque, c'est-à-dire aussi bien du manque de propension à investir des entreprises existantes que des efforts infructueux pour obtenir des soutiens étatiques à l'innovation et à la création d'entreprise. Les barrières d'ordre financier n'ont pu être levées que grâce à l'engagement de fonds propres et à des réductions de coûts. Sans eux, le projet n'aurait pas été mené à bien. Au total, ce projet de transfert a connu une phase de R-D de neuf ans et une phase de commercialisation de sept ans. Assurément, un financement supplémentaire aurait permis d'accélérer l'une et l'autre phases.

5.2.2 Mécanismes d'échange de connaissances

Les mécanismes et canaux permettant de transférer des connaissances entre les hautes écoles/les organisations de recherche et les entreprises sont nombreux et diversifiés. Il s'agit souvent de la production conjointe de savoir et de processus d'apprentissage au sein des réseaux de chercheurs, d'entreprises et d'organisations intermédiaires. Ces processus d'apprentissage ne doivent pas for-

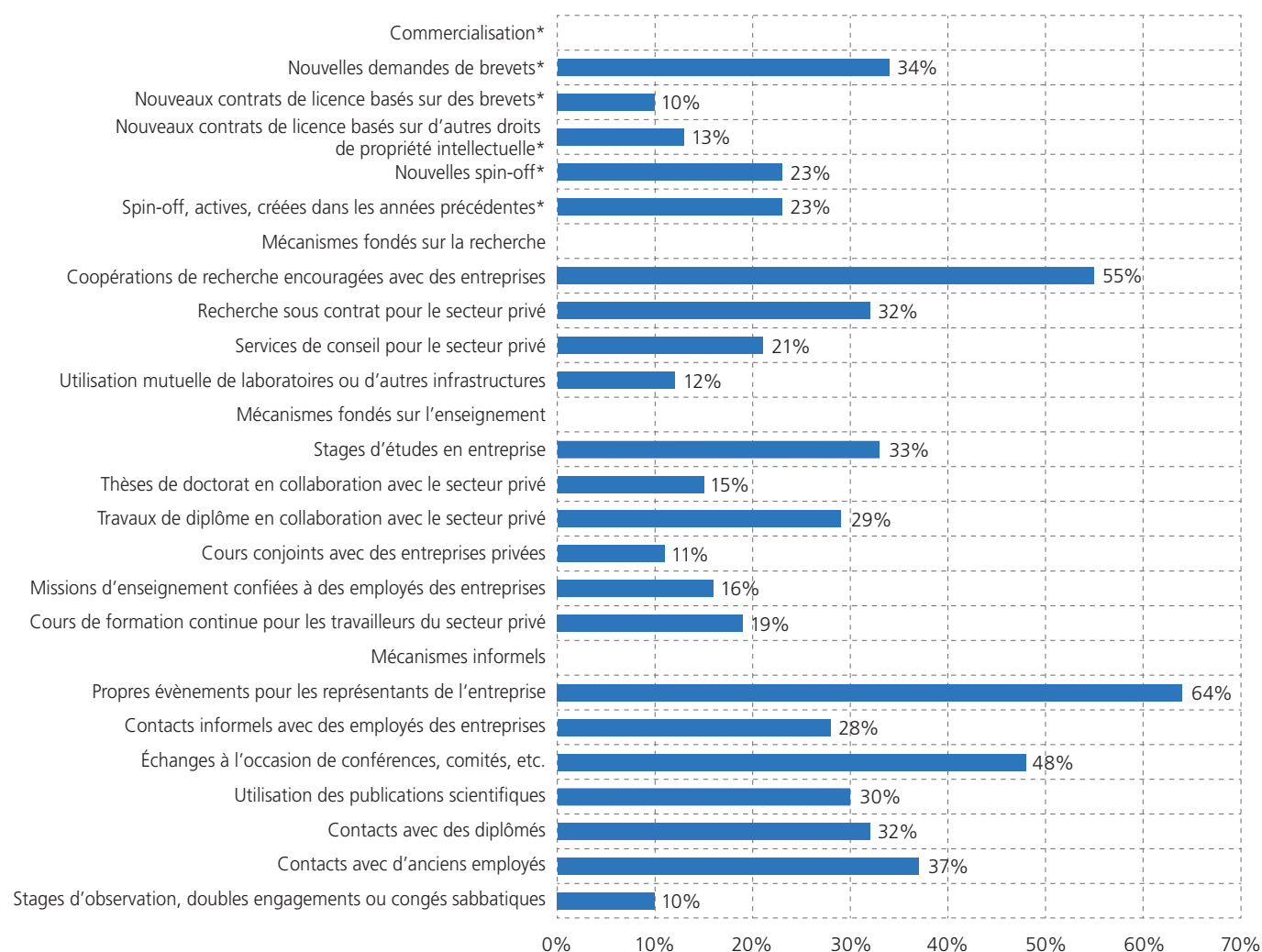
cément reposer sur la recherche. Des études impliquant des chercheurs européens ont montré que les obstacles à la coopération des entreprises dans le domaine de la formation et de la formation continue sont moindres que dans les projets de R-D et de commercialisation (Galán-Muros & Plewa, 2016).

S'agissant des échanges de connaissances, les instituts interrogés attribuent le plus souvent une grande importance aux

mécanismes informels qui ne reposent généralement sur aucun contrat (graphique C 5.4). 64 % des instituts jugent importants les contacts informels avec les collaborateurs d'entreprises (p. ex. téléphone, courriel ou rencontre) en vue d'échanger des informations. Les échanges lors de conférences, de réunions, d'ateliers, d'expositions, etc. et les contacts avec d'anciens collaborateurs qui travaillent dans l'économie privée sont également importants pour de nombreux instituts. En deuxième position viennent les mécanismes basés sur la recherche : les coopérations de recherche avec les entreprises, en particulier les coopérations au bénéfice d'un soutien public, sont souvent considérées comme importantes, à l'instar de la recherche sous mandat pour les entreprises, à laquelle de nombreux instituts attribuent une grande importance. Pour ce qui est des mécanismes basés sur l'enseignement, ce sont les stages et les travaux de diplôme effectués au

sein d'entreprises qui sont le plus souvent cités (par environ 30 % des instituts chacun). Un tiers des instituts disent avoir déposé une demande de brevet entre 2015 et 2017, tandis que les deux tiers affirment le contraire. En ce qui concerne les autres indicateurs de commercialisation, les pourcentages sont nettement plus faibles. 23 % seulement des instituts signalent la création d'une nouvelle entreprise par essaimage (« spin-off ») entre 2015 et 2017. Le transfert technologique par la commercialisation de la propriété intellectuelle des hautes écoles et par la création d'entreprises est décrit comme un processus assez rare, également dans les études sur d'autres pays (Perkmann et al., 2013). Il ne faudrait cependant pas négliger le fait que la coopération entre une institution de recherche et une entreprise implique généralement la combinaison de divers mécanismes et formes (voir cas d'école 2).

Graphique C 5.4 : Importance des mécanismes d'échange de connaissances, 2015–2017



* Proportion d'instituts jugeant un mécanisme très important (5) ou important (4) sur une échelle de 1 à 5 et, pour les mécanismes de commercialisation, sur une échelle de 1 à 2 (utilisé/non utilisé)

Source : enquête FHNW (2018)

Cas d'école 2: Automatisation soutenue scientifiquement – production d'armatures chez KWC Franke Water Systems SA

Le projet de la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse (FHNW) et de KWC Franke Water Systems SA, soutenu par Innosuisse (CTI jusqu'à fin 2017), visait à automatiser des processus de meulage jusque-là commandés manuellement. Chaque modification de l'installation en vue de réaliser des armatures de formes différentes entraînait de longs temps d'arrêt et causait des coûts importants. KWC, une entreprise qui appartient depuis 2013 au groupe suisse Franke SA, à Aarburg, ne pouvait pas résoudre ce problème par elle-même. Elle a élaboré en coopération avec l'Institut d'automatisation de la FHNW un procédé d'intégration de données numériques dans le processus de meulage. Les temps de programmation des robots ont ainsi été réduits de 30 %, ce qui a valu plus de flexibilité à l'entreprise pour traiter les petites séries tout en réduisant ses coûts.

Cet exemple illustre comment divers instruments et formes de coopération se complètent. Le projet financé par Innosuisse a constitué la base de la coopération. La FHNW a engagé ses propres installations et infrastructures qui étaient nécessaires à la R-D dans le cadre du projet. En outre, des étudiants ont conçu une multitude de travaux de projet et de diplômes complémentaires qui ont fourni des aspects partiels de la solution. Les étudiants de la FHNW ont bénéficié de l'orientation des travaux vers l'application, qui a contribué à les qualifier en vue de leur engagement dans la pratique. Un diplômé d'une filière master de la FHNW a été engagé au terme de ses études par KWC, qui acquerrait ainsi du savoir supplémentaire tout en évitant des coûts, notamment des coûts d'initiation au travail. Les acteurs impliqués dans ce projet citent comme éléments essentiels de son succès: le savoir-faire, la gestion professionnelle du projet et des connaissances ainsi que la forte volonté des participants au projet de la HES de répondre aux besoins de l'entreprise.

Les instruments et mécanismes représentés dans le graphique C 5.5 sont réduits à quatre indices, afin de donner une meilleure vue d'ensemble. Les trois indices portant sur les échanges de connaissances (basés sur la recherche, basés sur l'enseignement et informels) ont chacun une valeur sur une échelle de 1 (pas d'importance ou importance très faible) à 5 (très grande importance). L'indice de commercialisation est identique aux trois autres indices en ce qui concerne les valeurs qui lui sont attribuées, mais il a été conçu différemment de sorte qu'il n'est pas directement comparable. Parmi trois indicateurs de commercialisation (brevets, licences, spin-off), il indique combien sont présents par institut.

On relève pour les quatre indices des différences significatives entre les types d'organisation. Les instituts des HES attribuent de loin la plus haute importance à toutes les formes d'échange (à l'exception de l'indice de commercialisation pour lequel les instituts des EPF présentent une valeur légèrement supérieure). L'écart entre les instituts des HES et les autres instituts est considérable tant pour les échanges de connaissances basés sur la recherche que pour ceux basés sur l'enseignement. Les instituts universitaires attribuent le moins d'importance à toutes les formes d'échange: les échanges basés sur l'enseignement n'ont qu'une faible importance dans les universités, tandis que leur importance est moyenne dans les HES (graphique C 5.5a). Des différences apparaissent également si l'on distingue les instituts en fonction de leur taille (selon le nombre de chercheurs), notamment entre les instituts de petite et moyenne taille (jusqu'à 13 scientifiques) et les instituts de moyenne et grande taille (comptant 14 scientifiques ou plus). Les différentes formes d'échange sont jugées plus importantes dans les instituts de grande taille que dans les instituts plus petits. Cette observation vaut aussi pour les échanges informels où des effets d'échelle po-

sitifs n'apparaissent pas nécessairement. Une explication possible réside dans le fait que les instituts de taille supérieure bénéficient de plus de ressources internes pour assurer le transfert et d'une meilleure visibilité envers les partenaires externes.

À comparer les domaines, il apparaît que ce sont les instituts actifs en sciences de l'ingénieur qui accordent le plus d'importance à l'échange de connaissances, et ce quelle que soit la forme considérée. Les instituts des sciences économiques et sociales rivalisent avec eux pour ce qui est des échanges basés sur l'enseignement, par contre ils ne pratiquent qu'exceptionnellement la commercialisation des connaissances. Les échanges de connaissances informels et basés sur l'enseignement sont significativement moins importants dans les instituts de médecine que dans les autres domaines.

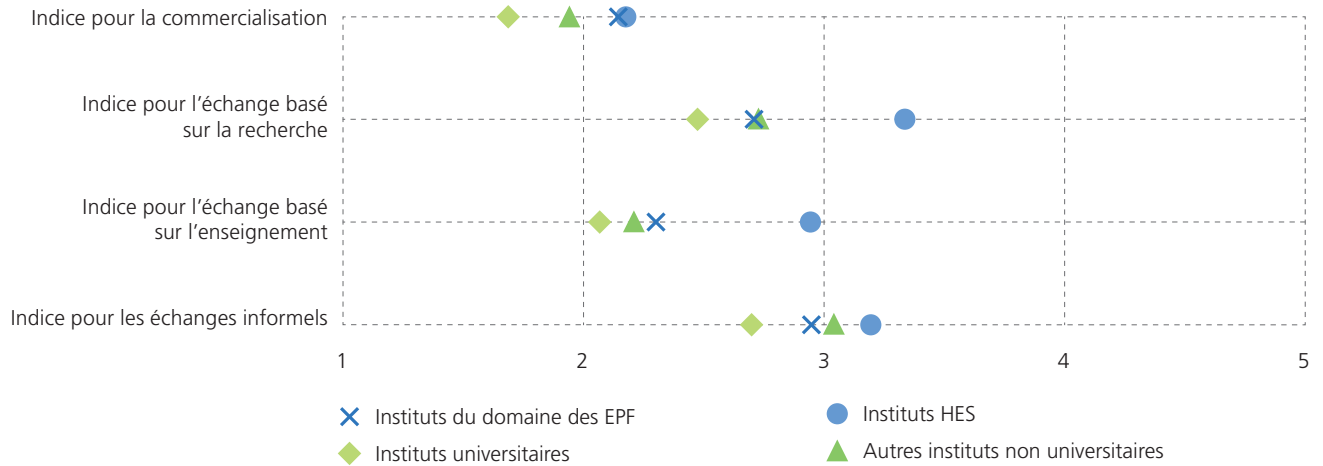
Commercialisation et échanges de connaissances basés sur l'enseignement d'un institut typique

L'enquête a permis d'obtenir également des chiffres pour quatre indicateurs de commercialisation et pour trois indicateurs d'échange de connaissances basés sur l'enseignement.² Environ 0,11 demande de brevet pour dix scientifiques par an signifie qu'une demande de brevet est probable en moyenne tous les neuf ans pour un institut comptant dix scientifiques. Le fait est que, sur la période 2015–2017, à peine un tiers des instituts ont déposé une demande de brevet. En outre, il se peut que de nombreux instituts ne commercialisent jamais leurs connaissances de cette

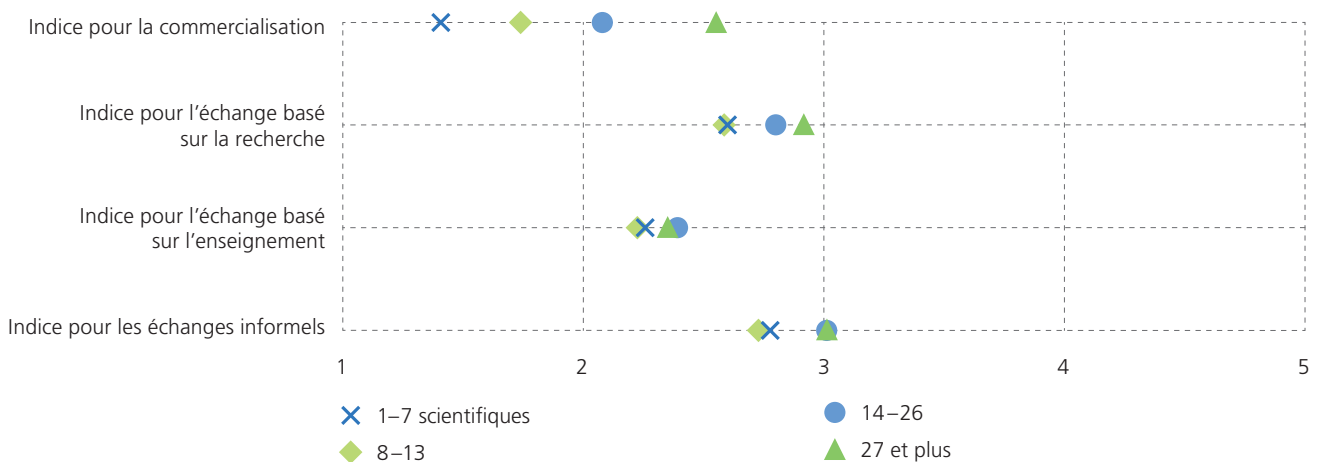
² Ces indicateurs ont ensuite été standardisés sur une base de dix scientifiques afin d'améliorer la comparaison. Comme tous les indicateurs présentent certaines valeurs aberrantes, le tableau indique également, outre la moyenne arithmétique, la moyenne tronquée à 5 % (2,5 % des valeurs sont retranchées de part et d'autre de la distribution). Dans de telles conditions, la moyenne tronquée représente mieux la situation d'un institut typique.

Graphique C 5.5 : Importance de différentes formes d'échange de connaissances (indices agrégés), 2015–2017

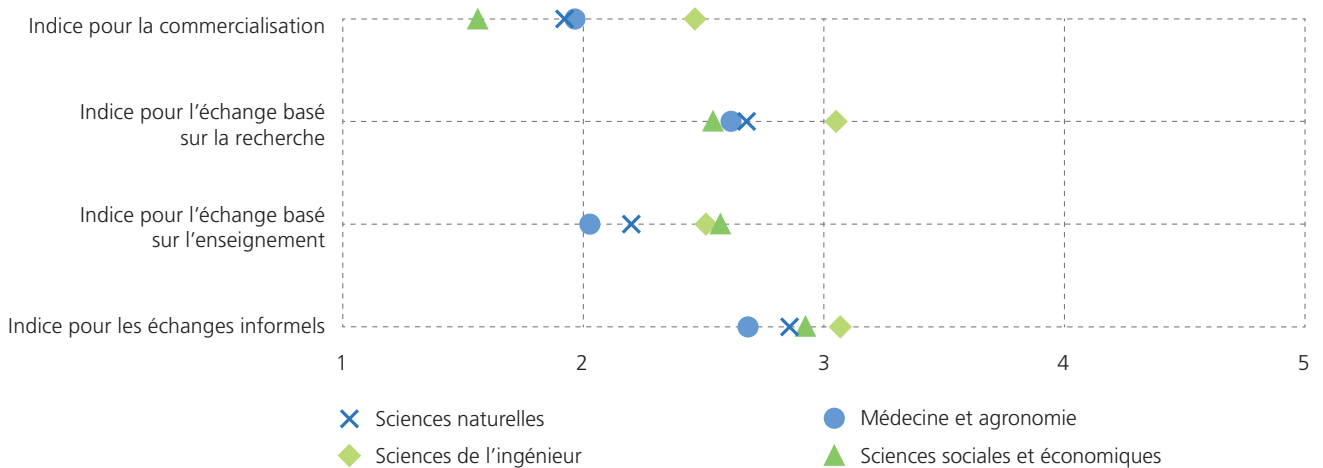
a) Par type d'organisation



b) Par nombre de scientifiques



c) Par domaine



manière (p. ex. dans les sciences économiques et sociales). Les licences et les spin-off (essaimage d'entreprises) sont encore plus rares : ils ne surviennent en moyenne que tous les 28 à 29 ans dans un institut comptant dix scientifiques. De même, les thèses de doctorat en lien avec des entreprises sont plutôt l'exception que la règle. En revanche, les échanges de connaissances par le biais de travaux de bachelor ou de master et de la formation continue sont nettement plus fréquents. En effet, des échanges dans le cadre de travaux de bachelor ou de master surviennent en moyenne une fois tous les trois ans par institut et pour dix scientifiques et presque la moitié de tous les instituts (45 %) ont été impliqués dans de tels travaux entre 2015 et 2017.

Comparaison de la Suisse avec l'étranger

On ne peut actuellement qu'esquisser une réponse à la question de savoir si ces chiffres sont élevés ou faibles et si les organisations scientifiques suisses sont plus ou moins actives dans l'échange de connaissances que ne le sont par exemple celles d'autres pays européens. Les comparaisons entre organisations scientifiques pâissent fondamentalement de ce que les conditions d'échange de connaissances diffèrent entre elles, par exemple en raison de la disparité de leurs portefeuilles de tâches (« missions », voir ci-après), des financements de la recherche, des tailles, des ressources et de l'expérience dans l'échange de connaissances, ainsi que des

réglementations institutionnelles et de la capacité économique de l'environnement (ASTP-Proton, 2018; Scanlan, 2018). C'est pourquoi l'association européenne des experts du transfert de connaissances (ASTP-Proton) n'a pas procédé jusqu'ici à de telles évaluations comparatives. Cependant, si l'on compare des systèmes de recherche et innovation (R-I) complets, le risque de biais spécifiques aux organisations diminue. Les chiffres du tableau C 5.2 relatifs à l'Europe se rapportent aux années 2011 à 2012. Les chiffres récents pour les demandes de brevet déposées par année en Suisse pour dix scientifiques sont environ deux fois plus élevés et ceux concernant les entreprises essaimagees et les jeunes pousses (spin-off / start-up) atteignent même le triple des valeurs enregistrées en Europe. Les différences sont plus faibles s'agissant des contrats de licence.

Cependant, l'enquête européenne, contrairement à l'enquête suisse, ne comprend pas une limitation des domaines. Elle tend aussi davantage à inclure des domaines étrangers aux entreprises et présente moins de risque de doublons grâce à une saisie des données au niveau de l'organisation. C'est pourquoi ces chiffres ne représentent qu'un premier indice selon lequel l'importance de la commercialisation des connaissances en Suisse est de l'ordre de celle pratiquée dans les autres pays européens, voire légèrement supérieure à celle-ci.

Tableau C 5.1: Indicateurs de commercialisation d'inventions académiques et d'échanges de connaissances basés sur l'enseignement, par année et pour dix scientifiques, sur la période 2015–2017

	Moyenne arithmétique	Moyenne tronquée à 5 %	% de valeurs > 0	Nombre de valeurs valables
	pour 10 scientifiques par an			
Indicateurs de commercialisation				
Demandes de brevets (seulement les premiers dépôts pour une technologie)	0,18	0,11	32,9 %	874
Nouveaux contrats de licence (licences exclusives et premières licences non exclusives)	0,08	0,04	20,9 %	885
Nouvelles entreprises essayimées et jeunes pousses sur la base de résultats de recherche	0,07	0,03	23,1 %	887
Entreprises essayimées et jeunes pousses actuellement actives	0,09	0,04	22,1 %	858
Échanges de connaissances basés sur l'enseignement				
Travaux de bachelor et de master avec des entreprises	0,63	0,33	45,1 %	873
Thèses de doctorat avec des entreprises	0,06	0,03	21,2 %	884
Diplômes de formation continue au niveau master	0,38	0,14	27,5 %	870

Source : Enquête FHNW (2018)

Tableau C 5.2: Comparaison d'indicateurs de la commercialisation d'inventions académiques par an et pour dix scientifiques

	Suisse, moyenne annuelle 2015–2017		Europe, moyenne annuelle 2011–2012	
	pour dix scientifiques et par an	N	pour dix scientifiques et par an	N
Demandes de brevet (seulement premiers dépôts pour une technologie)	0,18	874	0,09	532
Nouveaux contrats de licence (licences exclusives et premières licences non exclusives)	0,08	885	0,07	464
Nouvelles « spin-off » / « start-up » sur la base de résultats de recherche	0,07	887	0,02	490
Base	Enquête auprès des instituts dans 28 domaines choisis		Enquête auprès des hautes écoles et des organisations de recherche sans limitation des domaines	

Sources : Enquête FHNW (2018) ; Arundel, Es-Sadki, Barjak, Perrett & Samuel (2013), calculs de la FHNW

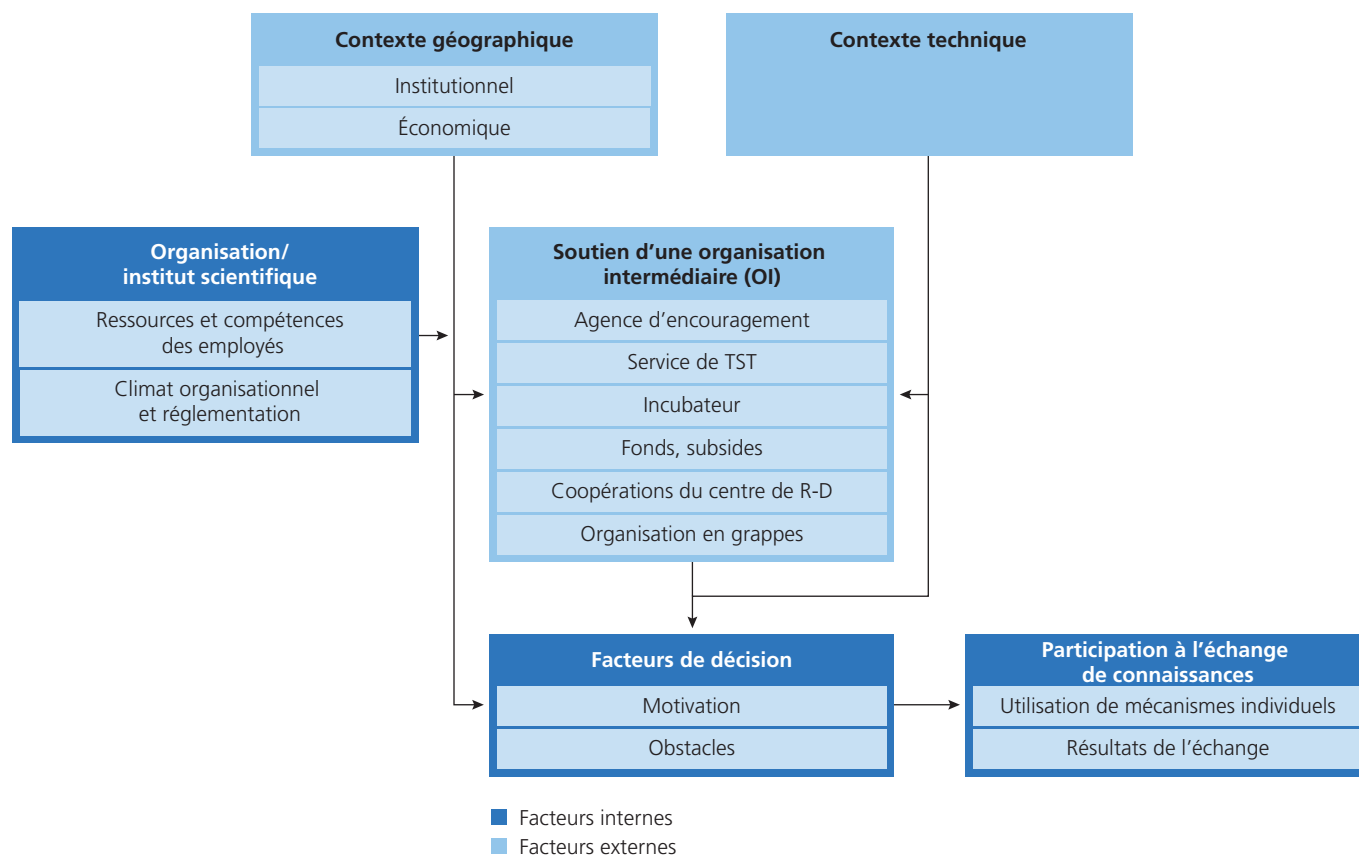
5.3 Facteurs d'influence sur les échanges de connaissances

L'analyse des échanges de connaissances suppose que différentes influences soient prises en compte ou qu'elles soient pondérées différemment selon le niveau examiné. Par exemple, les réglementations légales nationales sur la propriété intellectuelle sont un important facteur qui détermine la fréquence des brevets et des licences académiques (Geuna & Rossi, 2011 ; Lissoni et al., 2008). Mais ces différences réglementaires n'expliquent pas les différences entre les unités d'une organisation ou entre organisations d'un même pays, puisque les mêmes lois s'appliquent. Ici ce sont plutôt les réglementations et pratiques spécifiques des hautes écoles qui jouent un rôle, de même que l'intensité mise à poursuivre leurs violations, c'est-à-dire à faire respecter les règles (Geuna & Rossi, 2011).

La présente étude met l'accent sur les unités d'organisation orientées vers la recherche (p. ex. institut, laboratoire, groupe ou département). Une multitude de caractéristiques des organisations scientifiques déterminent, du côté de l'offre, les conditions initiales des échanges de connaissances et influent sur la motivation fondamentale des unités de recherche à participer aux échanges de connaissances et sur les obstacles qui s'opposent à une telle participation (graphique C 5.6). Outre l'organisation scientifique elle-même, les organisations intermédiaires qu'elle mandate et qui opèrent dans son environnement concourent également à déterminer si, du point de vue d'une unité de recherche donnée, les arguments en faveur ou à l'encontre d'une participation à l'échange de connaissances prédominent. Les organisations scientifiques et les organisations intermédiaires dépendent quant à elles du contexte géographique ainsi que des réglementations et conditions légales, politiques, administratives, sociales et culturelles qui prévalent. Le contexte lié au domaine joue également un rôle et peut renforcer ou affaiblir la participation à l'échange de connaissances (cf. section 2).

5.3.1 Facteurs d'influence internes : ressources et compétences des collaborateurs et ressources des instituts

La participation à l'échange de connaissances corrèle avec la taille des instituts (cf. graphique C 5.2) : plus un institut est grand, plus il produit des résultats de recherche potentiellement transférables. Cela dit, la question se pose de savoir si d'autres tâches constituant un fardeau se répercutent négativement sur l'activité de transfert, une hypothèse surtout formulée en relation avec l'enseignement (Schartinger et al., 2001). Notre enquête ne permet pas de constater un tel phénomène d'éviction. Les instituts qui assument une charge d'enseignement importante (selon le nombre de diplômes de bachelor et de master, de thèses et de diplômes de formation continue) n'accordent pas moins d'importance aux échanges de connaissances basés sur la recherche et aux échanges de connaissances informels que les instituts dont la charge d'enseignement est faible. On relève encore des corrélations positives et significatives entre le nombre de travaux de diplôme (bachelor et master) et de thèses encadrés pour dix scientifiques et les nouveaux contrats de licence entre 2015 et 2017, les nouvelles entreprises essaimées (spin-off) et les anciennes entreprises essaimées en activité. Ces corrélations sont particulièrement fortes dans le domaine des EPF, car les instituts de l'EPF de Zurich et de l'EPFL sont aussi engagés intensivement dans l'enseignement. Les nouvelles entreprises sont fondées notamment par des diplômés et des docteurs, raison pour laquelle cette corrélation entre l'enseignement et l'esprit d'entreprise ne surprend guère. On relève des corrélations négatives entre les indicateurs de transfert et la charge d'enseignement uniquement en dehors du domaine des EPF, dans les instituts universitaires, les instituts de HES et les instituts extra-universitaires.

Graphique C 5.6 : Cadre analytique de l'échange de connaissances au niveau d'une unité de recherche

Source : FHNW

Qualités et compétences des dirigeants

On a demandé aux dirigeants des instituts quelles fonctions ils exercent ou ont antérieurement exercées dans des entreprises privées. Les réponses à ces questions donnent un aperçu du rôle de la direction des instituts pour l'échange de connaissances. L'analyse indique une corrélation stable entre la participation de l'unité d'organisation à l'échange de connaissances entre 2015 et 2017 et le travail fourni dans et avec des entreprises privées par les dirigeants de l'institut interrogés (graphique C 5.7) : 70 % des instituts qui n'ont pas participé à l'échange de connaissances durant la période étudiée sont dirigés par des personnes qui n'ont pas acquis à ce stade une expérience professionnelle propre dans des entreprises privées. En revanche, les instituts qui pratiquent l'échange de connaissances avec des entreprises en Suisse et à l'étranger sont le plus souvent dirigés par des personnes qui exercent ou ont exercé des fonctions de collaborateur ou de conseiller pour des entreprises durant leur carrière professionnelle. Quant aux instituts actifs en sciences de l'ingénieur qui échangent des connaissances avec des entreprises en Suisse, leurs dirigeants se distinguent assez fréquemment par le fait qu'ils assument ou ont assumé des fonctions de cadre et des fonctions de conseiller scientifique dans l'économie privée.

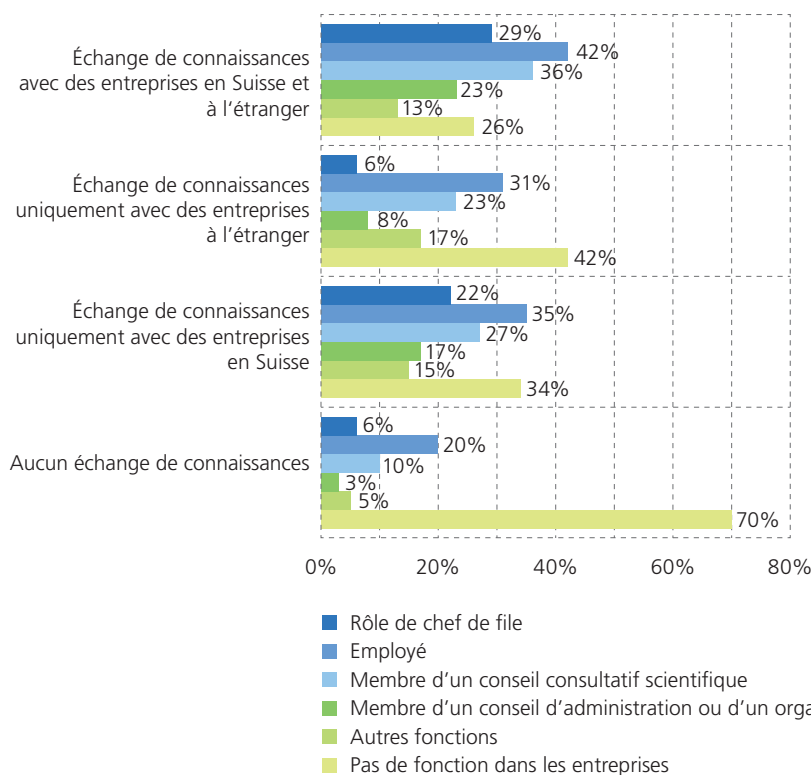
Climat organisationnel et réglementations relatives à l'échange de connaissances

Par « climat organisationnel », on entend ici les règles, les pratiques, les procédures et les incitations qui, résultant de la culture organisationnelle, sont susceptibles de prioriser et d'encourager l'échange de connaissance. Les questions posées aux instituts portaient sur quatre thèmes :

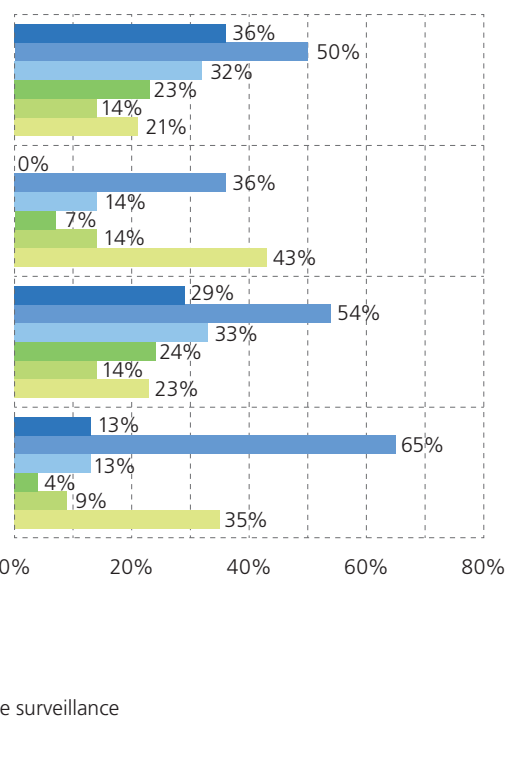
- la mission de l'institut, qui représente sa raison d'être et sa destination à long terme, notamment le rôle dévolu dans cette mission aux tâches associées au transfert ;
- la pratique de l'institut concernant la cession des droits de propriété intellectuelle sur le savoir et les technologies qu'il génère ;
- la prise en compte des règles relatives aux activités concernant le TST, comprises comme des règles édictées par l'organisation ou comme des pratiques non écrites que l'usage répété a établies et qui doivent être respectées ;
- les récompenses pour des prestations particulières dans l'échange et le transfert de connaissances.

Graphique C 5.7 : Instituts selon leur participation à l'échange de connaissances et la fonction des personnes interrogées dans les entreprises privées, 2015–2017

a) Tous les instituts

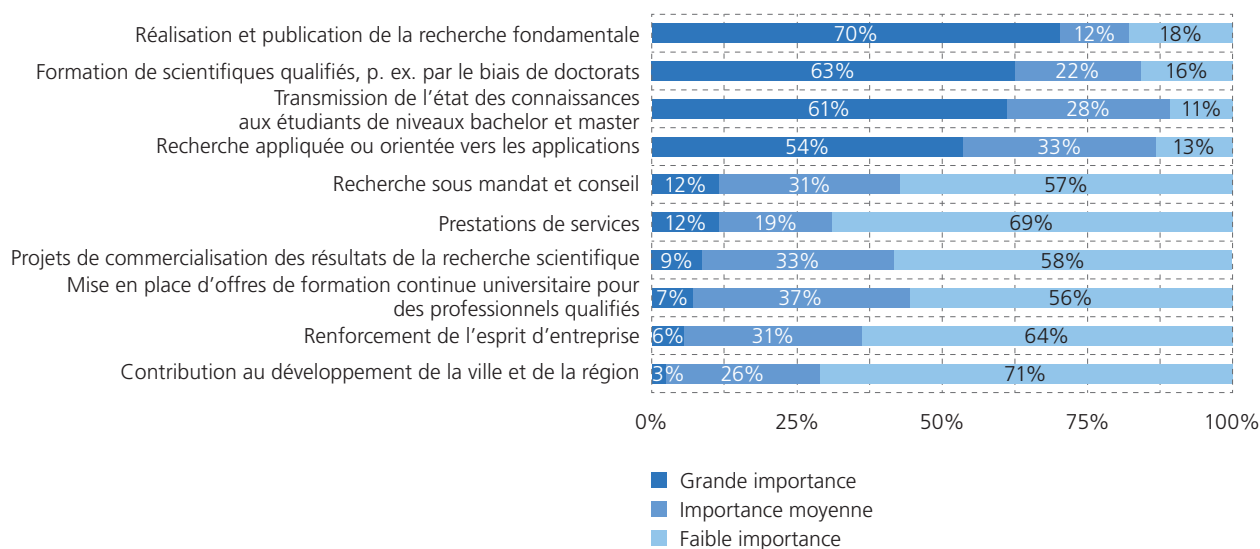


b) Instituts de sciences de l'ingénieur



La somme des pourcentages est supérieure à 100 % car des réponses multiples étaient possibles.
Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.8 : Importance de diverses tâches du point de vue des instituts, 2015–2017



Source : Enquête FHNW (2018)

Ad a) Mission

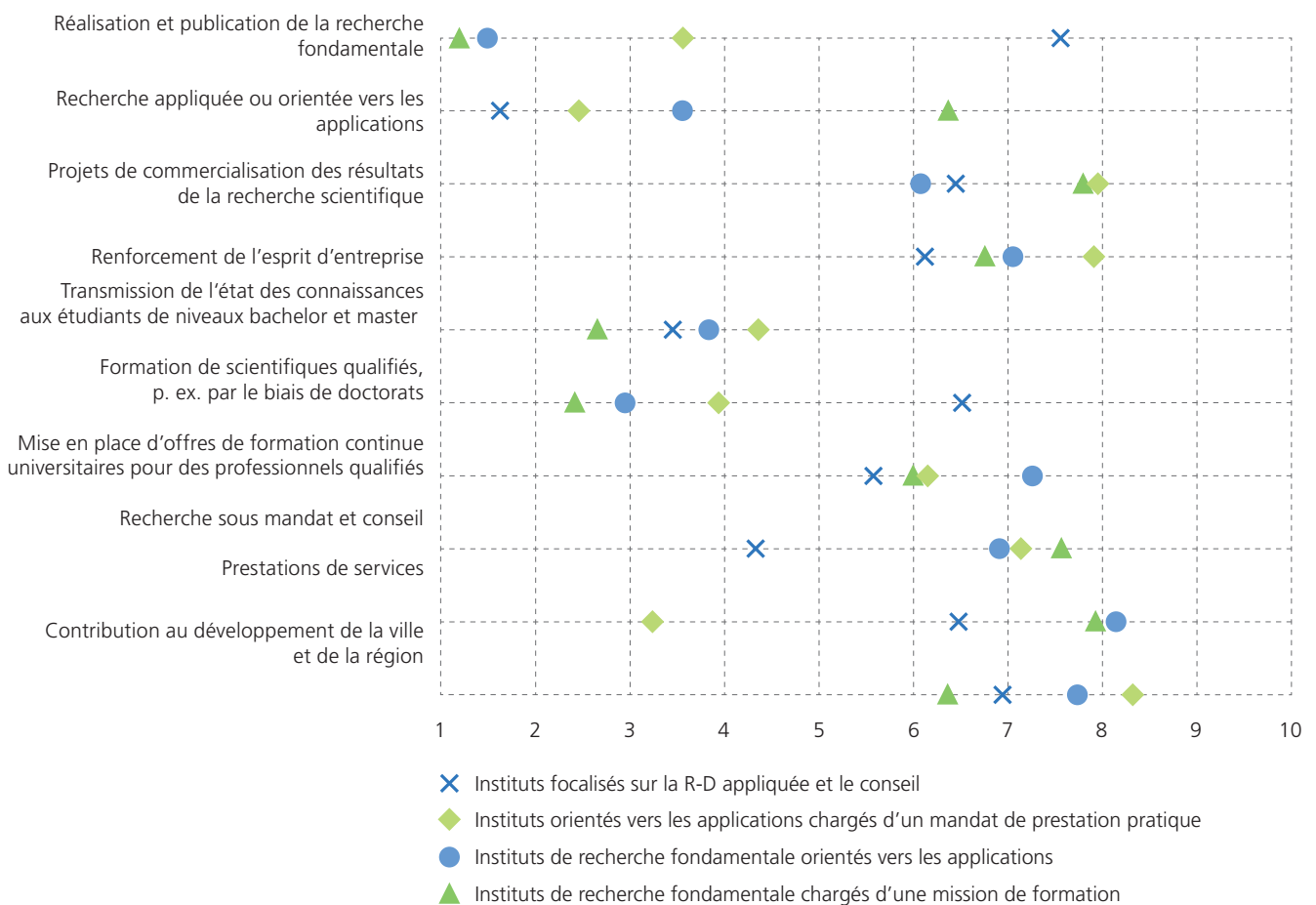
Les dix tâches auxquelles les instituts ont pu associer leur mission font apparaître une nette bi-partition : plus de 70 % des répondants mettent la recherche fondamentale et la publication de ses résultats au premier plan. Les rangs 1 à 3 sont également attribués à la recherche appliquée, à la formation de scientifiques qualifiés au niveau du doctorat et à la transmission de l'état actuel du savoir aux étudiants des niveaux bachelor et master. Ces tâches correspondent à des activités habituellement regroupées sous « recherche et enseignement », soit les tâches essentielles des institutions académiques. Les autres tâches associées à l'échange de connaissances reçoivent toutes une plus faible évaluation, les différences entre tâches étant toutefois minimales (graphique C 5.8).

Les instituts présentent des profils différents selon les activités qu'ils jugent importantes. Ainsi, la recherche fondamentale et la formation de scientifiques par le biais de doctorats peuvent être jugées d'importance élevée ou faible. À partir de ces profils, une analyse typologique (« cluster analysis ») permet de regrouper les instituts semblables. Les données font ressortir quatre types d'instituts³ qui présentent des missions distinctes :

- Le groupe des « instituts de recherche fondamentale chargés d'une mission de formation » (type 1) comprend 144 instituts (16 % des instituts) qui font partie à raison des trois quarts d'universités (dont 20 % dans le domaine des EPF). Trois quarts de ces instituts sont également actifs dans les sciences naturelles. Comme le nom du groupe l'indique, la mission essentielle des instituts qui le composent réside dans la recherche fondamentale et l'enseignement (graphique C 5.9).
- Les « instituts de recherche fondamentale orientés vers les applications » (type 2) constituent le plus grand groupe avec 422 instituts (48 %), répartis à parts égales entre EPF et universités. Les trois quarts de ces instituts sont actifs dans les sciences naturelles et 44 % d'entre eux dans les sciences de l'ingénieur (il était possible d'indiquer plusieurs domaines). Pour ces instituts, la recherche fondamentale et l'enseignement ont la même importance que pour le type 1, mais la recherche appliquée et la commercialisation y ont une valeur un peu plus élevée (graphique C 5.9).

³ Ce faisant, il ne s'agit pas de savoir si un institut fait exclusivement de la recherche fondamentale ou de la R-D appliquée, mais de regrouper par catégories les instituts dont les activités principales sont semblables.

Graphique C 5.9 : Classements moyens des activités par groupes d'activités sur une échelle de 1 (rang le plus élevé) à 10 (rang le plus bas), 2015–2017



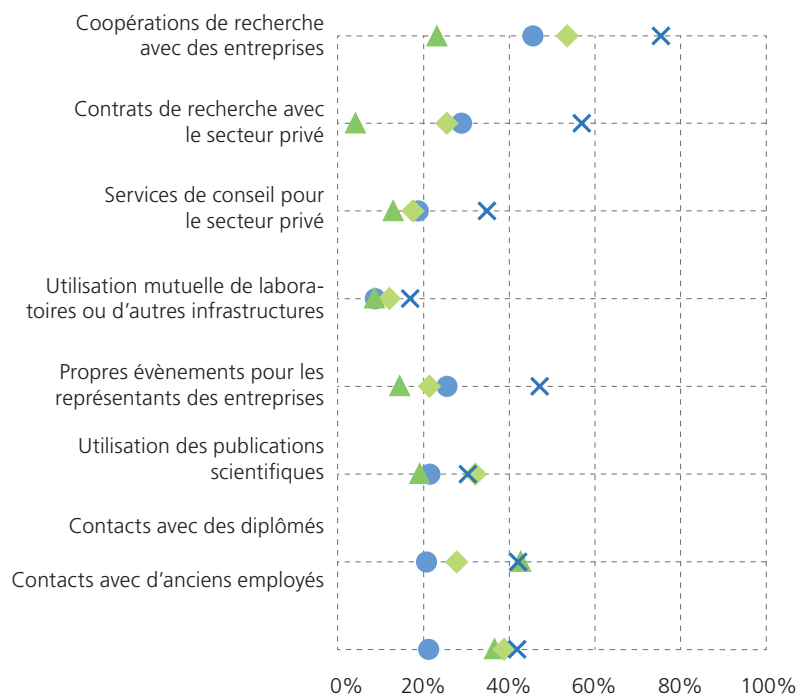
- Les « instituts de recherche orientés vers les applications et chargés d'un mandat de prestations pratiques » (type 3) constituent le plus petit groupe avec 128 instituts (14 %). Ces instituts font partie d'universités à raison de 60 % et d'organisations extra-universitaires à raison de 18 %. Leurs domaines d'activité se répartissent à peu près à parts égales entre sciences naturelles et médecine/agronomie. Ils attribuent à la R-D appliquée et aux prestations pratiques à peu près la même importance, voire plus d'importance qu'à la recherche fondamentale (graphique C 5.9).
- Les 192 « instituts focalisés sur la R-D appliquée et le conseil » (type 4; 22 % des instituts) appartiennent à une haute école spécialisée (HES) dans deux cas sur trois. Plus de 60 % de ces instituts indiquent être actifs dans les sciences de l'ingénieur, et 35 % d'entre eux dans les sciences économiques et sociales, ce qui fait d'eux les instituts les plus représentés dans ce domaine. Ils placent la R-D appliquée en priorité et la recherche fondamentale en dernière place (parfois de loin, voir graphique C 5.9). Derrière la formation des étudiants de niveaux bachelor et master, la recherche sous mandat, le conseil et les offres de formation continue académiques revêtent également une grande importance.

Ces quatre groupes se distinguent également du point de vue des mécanismes à l'œuvre dans l'échange de connaissances :

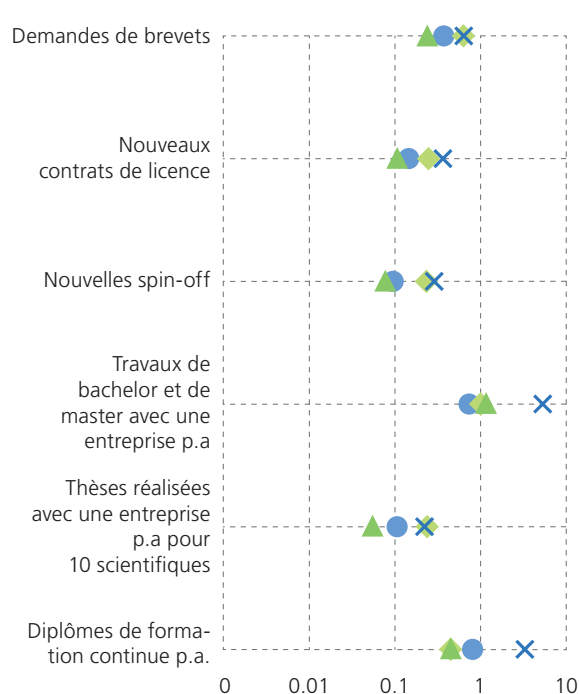
- Les instituts focalisés sur la R-D appliquée et le conseil ont plus tendance à attribuer de l'importance à pratiquement tous les mécanismes de transfert basés sur la recherche, à la coopération dans la recherche, à la recherche sous mandat et aux services de conseil que ne le font les instituts des trois autres types (graphique C 5.10a). Près de la moitié d'entre eux qualifient aussi d'important le canal de transfert informel que constituent leurs propres événements destinés aux représentants des entreprises. Leurs valeurs sont également significativement plus élevées pour les indicateurs de commercialisation et les mécanismes de transfert basés sur l'enseignement que celles des autres types, l'écart étant particulièrement net pour les travaux de bachelor et de master en coopération avec les entreprises et pour les formations continues (graphique C 5.10b).
- Les instituts de recherche fondamentale chargés d'une mission de formation sont à l'opposé, puisqu'ils occupent les derniers rangs pour tous les indicateurs de transfert à une exception près. Cette exception concerne les contacts aux diplômés, que plus de 40 % de ces instituts ont mentionnés comme un mécanisme de transfert important.

Graphique C 5.10 : Indicateurs de transfert des instituts par groupe d'activités, 2015–2017

a) Mécanismes de très grande/grande importance



b) Prestations de transfert pour 10 scientifiques^a



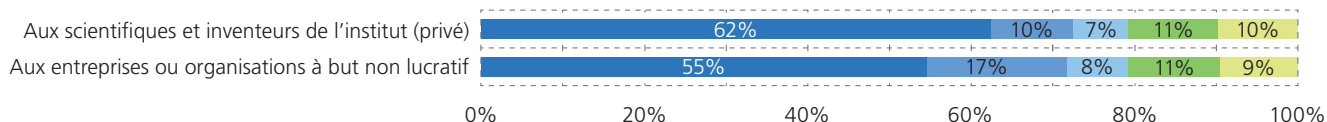
- × Instituts focalisés sur la R-D appliquée et le conseil
- ◆ Instituts de recherche fondamentale orientés vers les applications
- Instituts chargés d'un mandat de prestation pratique
- ▲ Instituts de recherche fondamentale chargés d'une mission de formation

Source : Enquête FHNW (2018)

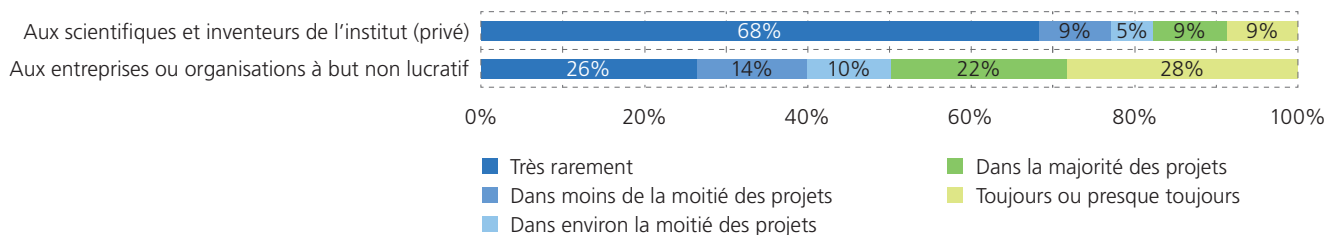
^a Présentation logarithmique

Graphique C 5.11 : Pratique de cession des droits de propriété sur le savoir et sur les technologies, par cessionnaires, 2015–2017

a) Tous les instituts



b) Instituts HES



Source : Enquête FHNW (2018)

– Parmi les instituts de recherche fondamentale orientés vers les applications, les contrats de licence, l'essaimage d'entreprises (spin-off) et les thèses réalisées en coopération avec des entreprises sont relativement fréquents. Ces instituts, qui ressemblent par ailleurs aux instituts de recherche orientés vers les applications et chargés d'un mandat de prestations pratiques, se situent entre les extrêmes.

Ad b) Pratique relative à la cession de droits de propriété sur le savoir et les technologies

Les instituts ont aussi été interrogés sur la fréquence à laquelle ils cèdent les droits de propriété sur le savoir et les technologies qu'ils génèrent à des scientifiques/inventeurs ou à des entreprises. De telles cessions sont exceptionnelles pour plus de 70 % des instituts. Elles ne surviennent dans la moitié des projets ou plus fréquemment que pour moins de 30 % des instituts (graphique C 5.11). Cependant, les instituts de HES se distinguent nettement des autres instituts : 60 % d'entre eux cèdent en effet leurs droits de propriété sur le savoir et les technologies à des entreprises dans la moitié des cas ou plus souvent.

Ad c) Règles régissant les activités concernant le TST

Les règles et l'ouverture des hautes écoles et des organisations de recherche sur les questions liées à l'échange de connaissances représentent un instrument central de pilotage pour celles-ci. Mais il est difficile de comparer la pertinence et la substance des règles dans le cadre d'une enquête auprès des instituts toutes organisations confondues : on ne saurait garantir que les répondants connaissent les règles en détail et que leurs réponses sont correctes et valables. C'est pourquoi les questions relatives aux règles ont surtout visé les effets perçus et l'évaluation des pratiques établies. Les règles peuvent être ramenées aux trois aspects essentiels que représentent le travail dans, pour et avec des entreprises privées, la commercialisation des résultats de recherche et la liberté d'action s'agissant de projets et d'activités privés.⁴ En différenciant les facteurs selon les types chargés des différentes missions présentées au point a), deux groupes apparaissent : d'une part, les instituts

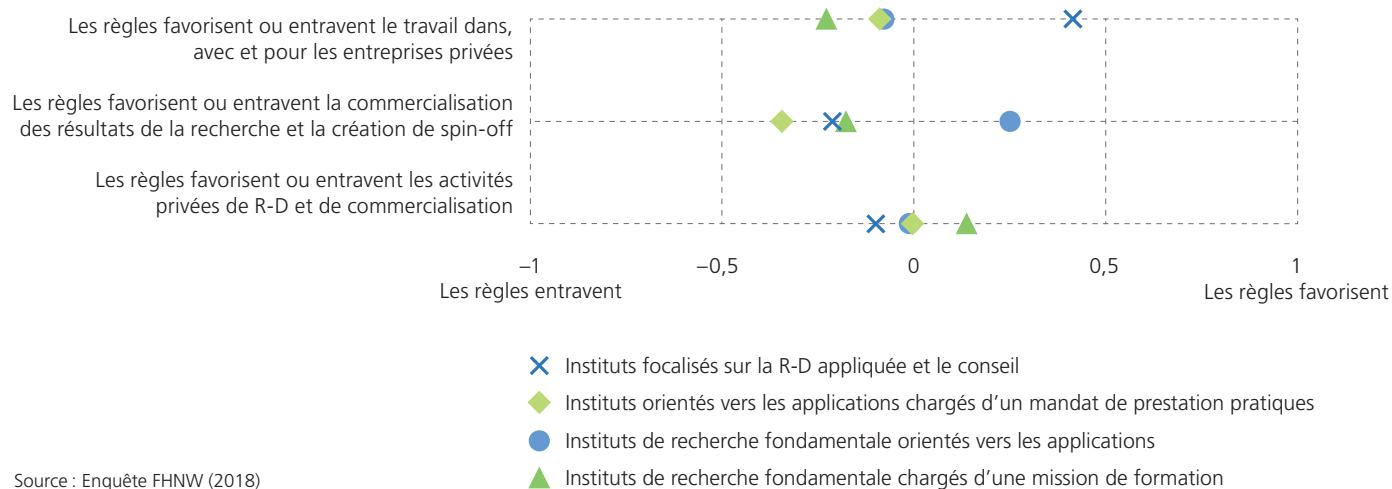
focalisés sur la R-D appliquée et le conseil et les instituts de recherche fondamentale orientés vers les applications, qui jugent positivement les règles cohérentes avec leur mission (graphique C 5.12) ; d'autre part, les deux autres types où les règles sont plutôt jugées entravantes.

Ad d) Récompenses pour des prestations particulières dans l'échange et le transfert de connaissances

Les incitations financières ou sociales de l'organisation pour ses scientifiques sont susceptibles d'influencer positivement la réalisation et le succès de projets de commercialisation. Autrement dit, les efforts de commercialisation sont plus faibles si les incitations correspondantes font défaut. Les effets positifs des incitations financières ont été mis en lumière dans diverses études pour les États-Unis (Lach & Schankerman, 2004, 2008 ; Nelson, 2014) et pour des pays européens (Baldini, 2010 ; Barjak et al., 2015 ; Caldera & Debande, 2010). Dans plus de 70 % des instituts suisses interrogés, les dirigeants connaissent les récompenses pour des prestations particulières dans l'échange et le transfert de connaissances (p. ex. pour une demande de brevet, un contrat de licence ou un contrat de recherche particulier). Les récompenses idéelles, c'est-à-dire les récompenses sociales et la reconnaissance, viennent en tête (graphique C 5.13). La prise en compte des prestations particulières lors de décisions concernant la carrière et les promotions viennent en deuxième position, mentionnée par un peu moins de la moitié des instituts. 30 % des instituts environ indiquent que les employés reçoivent des ressources supplémentaires, et 22 % seulement font état de récompenses financières personnelles. Ces chiffres reflètent la perception des répondants, laquelle devrait différer de la situation juridique effective. Ainsi, lorsque de telles récompenses n'ont pas été attribuées jusque-là, il est possible que les répondants n'aient aucune connaissance de leur existence sur le papier.

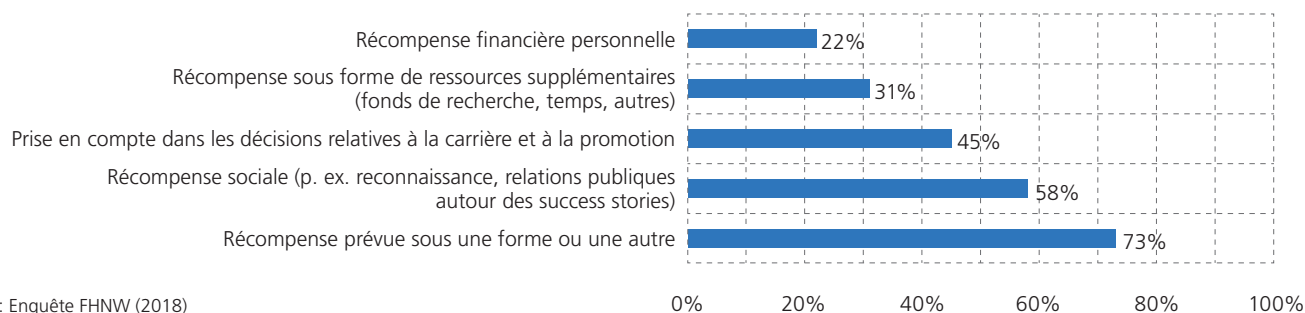
⁴ Résultat d'une analyse exploratoire des principales composantes des six variables. Les données s'y prêtent bien avec un indice KMO de 0,692 et toutes les valeurs sur la diagonale de la matrice AIC supérieures à 0,6. Trois facteurs sont identifiés, qui expliquent 84 % de la variance et présentent de faibles saturations croisées de facteurs inférieures à 0,3 dans toutes les combinaisons. Les trois composantes ont subi une rotation selon la méthode VARIMAX.

Graphique C 5.12 : Instituts selon l'effet des règles de l'organisation sur les activités concernant le transfert, 2015–2017



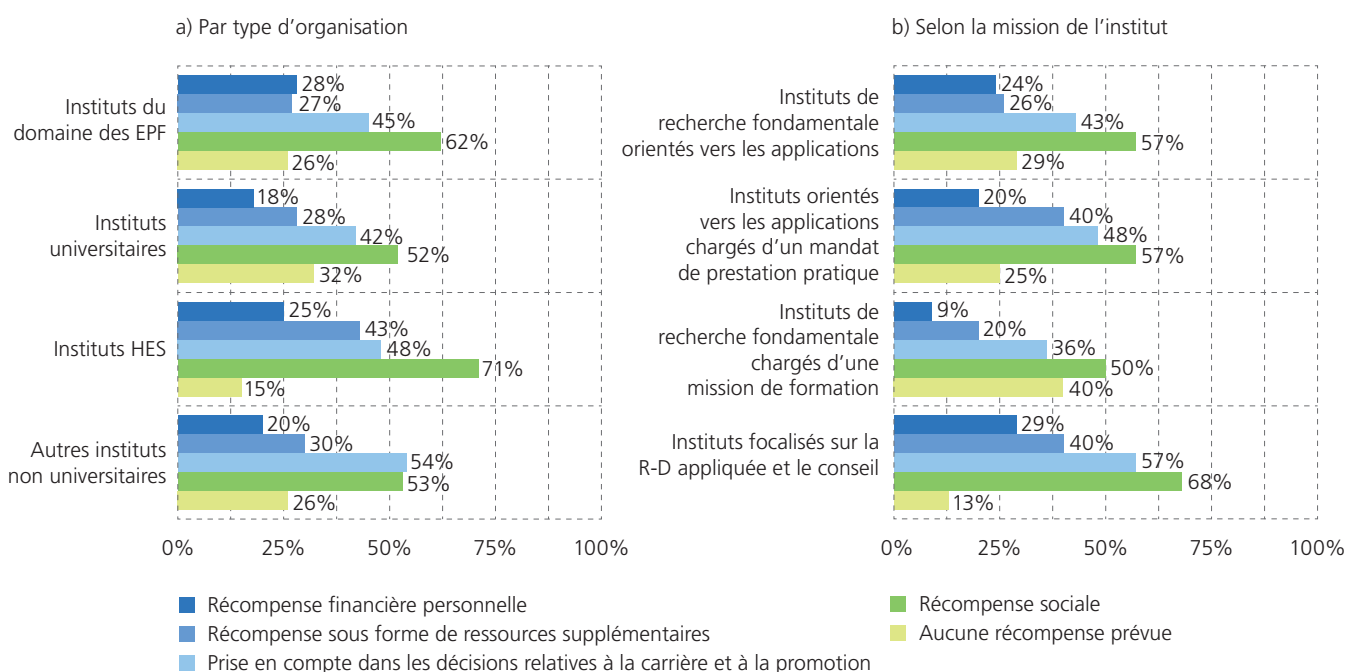
Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.13 : Proportions d'instituts qui récompensent les employés pour des prestations particulières dans l'échange de connaissances, 2015–2017



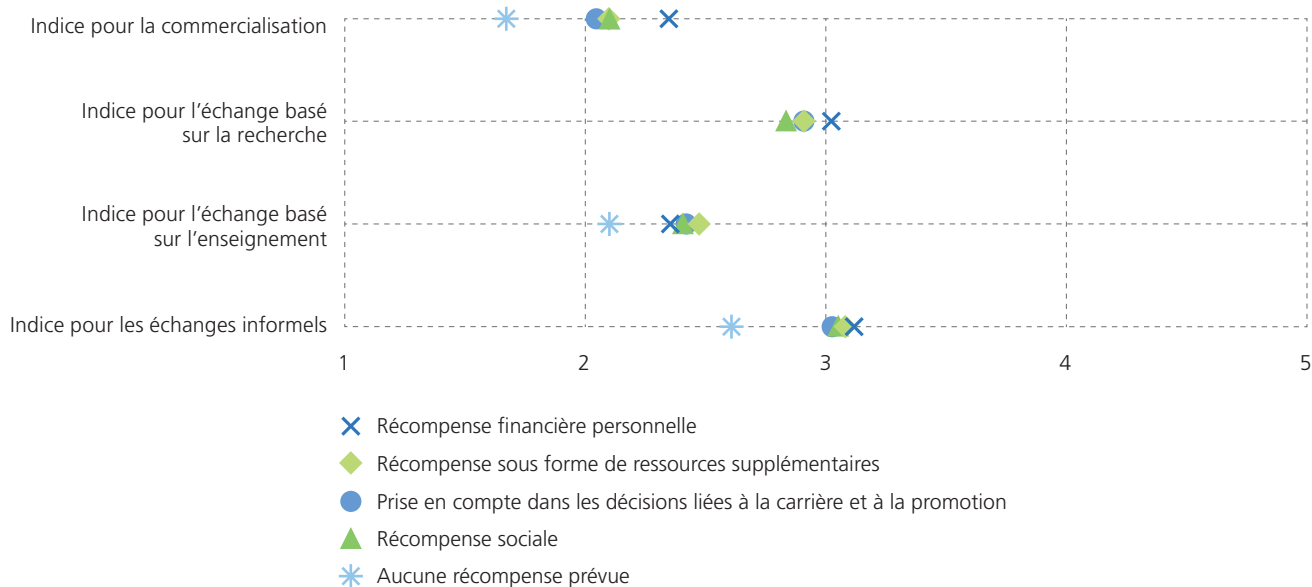
Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.14 : Proportions d'instituts récompensant les prestations particulières dans l'échange de connaissances, par type de récompense, type d'organisation et selon la mission de l'institut, 2015–2017



Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.15 : Importance de diverses formes d'échange de connaissances en fonction des récompenses pratiquées (indices agrégés), 2015–2017



Source : Enquête FHNW (2018)

Les récompenses financières sont les plus fréquentes dans les instituts des EPF, les instituts extra-universitaires pratiquant le plus souvent les récompenses sous forme d'effets positifs sur la carrière et les promotions, tandis que les instituts des HES récompensent le plus souvent par des ressources supplémentaires et la reconnaissance (graphique C 5.14). Les récompenses sont des expressions de la culture de l'organisation : comme il fallait s'y attendre, la comparaison des quatre types montre que les récompenses (toutes formes confondues) sont les plus fréquentes dans les instituts focalisés sur la R-D appliquée et le conseil, respectivement que l'absence de récompense des prestations de transfert y est le plus rare. Les instituts orientés vers les applications récompensent volontiers par l'octroi de ressources supplémentaires, c'est-à-dire un supplément de temps et de financement consacrés à la R-D.

Le graphique C 5.15 illustre les relations de ces incitations à l'échange de connaissances. Deux points en ressortent :

- Globalement, l'importance des mécanismes de transfert commerciaux, basés sur la recherche ou sur l'enseignement et celle des mécanismes informels des instituts est estimée plus élevée lorsque les prestations de transfert sont récompensées d'une manière ou d'une autre. La corrélation est la plus nette entre les récompenses financières et la commercialisation des inventions académiques.
- Lorsque des récompenses financières personnelles sont versées, les mécanismes de transfert liés à la recherche sont plus importants et les indicateurs de commercialisation sont significativement plus élevés. Cette observation est confirmée par l'analyse de plusieurs variables, compte tenu d'une série de variables de contrôle.

5.3.2 Soutien apporté par des organisations intermédiaires

En Suisse, le transfert de savoir et de technologie est soutenu par une multitude d'organisations intermédiaires sur mandat de la Confédération, des cantons, des communes, des hautes écoles, des organisations de recherche, des associations économiques, des associations de branche ou d'autres organisations. Nous donnons ci-après un aperçu synthétique de l'importance respective attribuée aux différents types d'organisations intermédiaires et des caractéristiques des organisations jugées importantes. L'importance donne une indication de l'intensité de l'utilisation et de l'impact de l'organisation intermédiaire sur l'échange de connaissances.

Les instituts attribuent de loin la plus grande importance pour l'échange de connaissances aux institutions publiques d'encouragement de l'innovation (graphique C 5.16). Quelque 40 % des instituts les jugent importantes ou très importantes. Environ un quart des instituts qualifient d'importants les services de transfert de savoir et de technologie. Les différences sont minimales pour tous les autres types d'organisations couverts par l'enquête. 80 % des instituts ou plus n'attribuent aucune importance ou une importance très faible aux services de transfert. En revanche, moins de 10 % leur reconnaissent une grande ou une très grande importance.

L'impact des différentes organisations intermédiaires apparaît donc de faible portée, à l'exception de l'encouragement de l'innovation et des services TST. Mais cette image assez négative est due aussi en partie à la fragmentation et à la variété des organisations et des initiatives. Près de la moitié des instituts attribuent une importance moyenne ou grande à au moins une des six organisa-

Les organisations intermédiaires et leur influence sur l'échange de connaissances

1) Agences étatiques de l'innovation et organisations de promotion

Ces acteurs encouragent l'échange d'information de multiples manières, par exemple en finançant ou cofinançant des projets de R-D, en soutenant l'entrepreneuriat académique ou par des offres de mise en réseau. Les résumés de la littérature confirment l'utilité fondamentale des mesures d'encouragement (Becker, 2015 ; Beck et al., 2018). Des analyses de la promotion déployée en Suisse ont également mis en évidence ses effets positifs (Arvanitis et al., 2010).

2) Services de transfert de savoir et de technologie (services TST)

Ces services représentent le type le plus connu d'organisation intermédiaire visant à promouvoir les échanges de connaissances et à encourager la commercialisation des connaissances. Leur existence corrèle positivement, selon de nombreuses études, avec les activités de transfert des organisations scientifiques (Ambos et al., 2008 ; Baldini, 2010 ; Fini et al., & Wright, 2017 ; Perkmann et al., 2013 ; Villani et al., 2017).

3) Incubateurs et parcs scientifiques

Un grand nombre d'incubateurs et de parcs scientifiques ont vu le jour dans le monde entier au cours des 30 dernières années. Les études identifient de grandes différences entre les types d'incubateurs, par exemple selon leur orientation vers la recherche, leur site (sur le campus ou hors campus), le type de participation des hautes écoles et des organisations de R-D, leur focalisation sur les nouvelles entreprises ou les entreprises établies et bien sûr les prestations qu'ils proposent (Minguillo & Thelwall, 2015). Ces différences devraient expliquer au moins en partie pourquoi les résultats sur le lien entre incubateurs et esprit d'entreprise académique se contredisent dans certains cas (Caldera & Debande, 2010 ; Di Gregorio & Shane, 2003 ; Fini et al., 2011 ; González-Pernía et al., 2013).

Les centres de validation des principes (« proof-of-concept centres ») présentent bien des points communs avec les incubateurs. Mais au lieu de financer des bâtiments et des infrastructures, ils financent des projets commercialement prometteurs au stade de la validation de leur concept (Bradley et al., 2013 ; Gulbranson & Audretsch, 2008). Jusqu'ici, les études sont peu nombreuses, mais elles ont permis de déceler des effets plutôt positifs sur l'activité de création des hautes écoles (Hayter & Link, 2015).

4) Fonds et contributions au financement de jeunes pousses (start-ups)

On recourt dans de nombreux pays à de telles aides pour abaisser les obstacles à l'entrepreneuriat académique. Les universitaires qui ont l'intention de créer une entreprise sont épaulées dans le développement de leur idée d'affaire, le développement technologique précommercial est (co)financé ou le manque de capital-risque est compensé dans la phase précoce de création d'entreprises académiques (Kochenkova et al., 2016). En Suisse, les programmes actifs ont une longue tradition : outre des fonds et des conseils, ils offrent un soutien dans le développement des compétences et la mise en réseau. Une évaluation des jeunes pousses suisses soutenues par Innosuisse a montré que des effets de certification (p. ex. le certificat Innosuisse) et des effets positifs sur le développement de l'entreprise et le financement du capital-risque surviennent également lorsque les pouvoirs publics ne participent pas au financement et qu'ils se bornent à réduire les asymétries d'information par la sélection, la formation et le coaching (Gantenbein et al., 2011).

5) Centres de recherche coopératifs

De tels centres font partie d'une haute école ou d'une organisation de recherche, ils sont interdisciplinaires et encouragent surtout les coopérations intersectorielles et le transfert de savoir et de technologie (Boardman & Gray, 2010). Des effets positifs ont en particulier été relevés pour des universités de recherche aux États-Unis (Boardman & Corley, 2008 ; Boardman, 2009).

6) Pôles de compétences et grappes technologiques (« clusters »)

Les pôles de compétences, les grappes technologiques et les concentrations géographiques d'entreprises et d'autres organisations qui coopèrent tout en étant concurrentes de cas en cas (Porter, 2008), de même que les initiatives de regroupement, c'est-à-dire lesancements et organisations de « clusters » (Lindqvist et al., 2003, 2013), font appel à des « organisations de clusters » pour en assurer la gestion. L'interconnexion de la science et de l'économie fait souvent partie des tâches essentielles de ces organisations (Lindqvist et al., 2003, 2013). Töpfer et al. (2017) ont montré, en se fondant sur l'exemple des cinq premiers « clusters » de pointe en Allemagne, qu'une telle entreprise peut réussir.

Cas d'école 3: IRsweep – spectroscopie rapide de haute précision basée sur des lasers à puce

IRsweep est une entreprise essaimée en 2014 de l'EPF de Zurich et de l'Empa. Elle exploite les connaissances et le savoir-faire des deux organisations pour commercialiser un spectromètre à infrarouge avec un peigne de fréquences optiques basé sur un laser à cascade quantique (« quantum cascade laser »). Les avantages d'un tel spectromètre par rapport aux traditionnels spectromètres (« Fourier-transformed infrared ») lors de l'analyse des gaz et des liquides résident dans le fait qu'il permet des mesures rapides et de haute résolution dans un domaine de longueurs d'ondes que les autres types de laser ne peuvent guère explorer. Simultanément, la source laser est très petite et miniaturisable. De ce fait, elle est particulièrement appropriée pour les appareils mobiles.

La création de la spin-off IRsweep par des doctorants de l'EPF de Zurich et un post-doctorant de l'Empa constitue un bon exemple de création d'entreprise académique dans l'écosystème suisse de l'innovation. Les trois fondateurs travaillaient dans la recherche fondamentale mus par une ambition d'excellence globale, tout en étant également confrontés à des questions pratiques comme la mesure de gaz présents à l'état de traces dans l'environnement, l'industrie et la médecine ou encore le développement d'appareils de mesure de haute précision. Cette relation entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, ainsi que la combinaison de connaissances et de savoir-faire complémentaires sur les lasers à puce et les spectromètres, ont en définitive constitué la base technique des connaissances requises pour cette entreprise.

À ce stade, grâce notamment au soutien de cet écosystème de l'innovation, IRsweep a réussi sa traversée de la « valley of

death », cette phase du développement produit/technologique entre la validation des principes (« proof of concept ») et le succès commercial où les coûts sont élevés tandis que les recettes sont basses :

- 1) Grâce à des programmes pour les jeunes pousses, à commencer par le « Pioneer Fellowship » de l'EPFZ, et des concours de start-up, l'entreprise a gagné en visibilité. Elle a développé un savoir-faire managérial, élargi son réseau et notamment reçu un capital de démarrage (« seed money »).
- 2) La participation à des appels d'offres nationaux et internationaux pour des projets de R-D avec leurs organisations mères (EPFZ et Empa) et d'autres partenaires en Suisse et à l'étranger ont également permis d'acquérir des ressources pour développer la technologie et pour élargir le réseau.
- 3) Grâce à l'engagement des organisations académiques mères pour que des entreprises suisses commercialisent leurs inventions, IRsweep a reçu un soutien fondamental sous forme de conditions de travail avantageuses pour les fondateurs et de droits de jouissance de la propriété intellectuelle.
- 4) De plus, le soutien apporté par des « organisations de cluster » (Swiss Photonics en l'occurrence), en particulier sous forme de conseils judicieux et la mise en réseau, a aidé les entrepreneurs à prendre les bonnes décisions.
- 5) Cependant, il fallait notamment un bailleur de fonds disposé à financer les importants coûts de développement et de lancement commercial. À cet effet, IRsweep a trouvé une entreprise industrielle suisse établie sur le marché, ce qui lui permet de contempler l'avenir avec un certain optimisme.

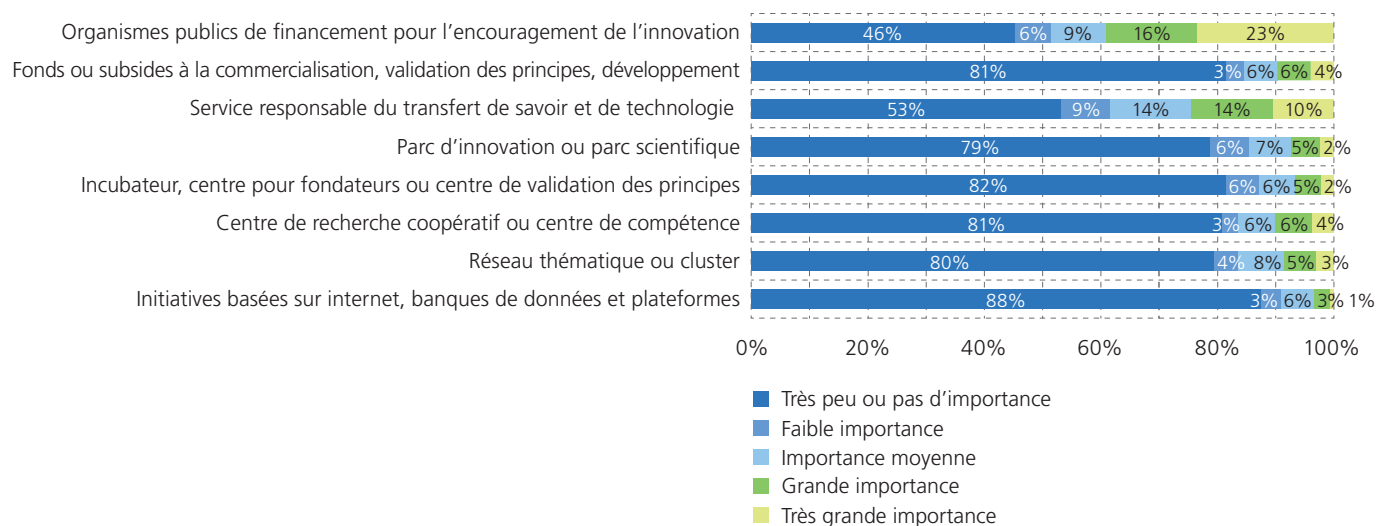
tions intermédiaires qualifiées majoritairement de peu importantes. Cet « écosystème de l'innovation » joue donc malgré tout un rôle important, par exemple pour soutenir les créations d'entreprises académiques (voir cas d'école 3 et 4), qui sont relativement rares (voir tableau C 5.1).

La commercialisation des inventions académiques et l'importance des organisations intermédiaires corréler (graphique C 5.17). Le nombre de demandes de brevets, de contrats de licence et d'essaimages d'entreprises est significativement plus élevé dans les instituts pour lesquels l'encouragement de l'innovation par les pouvoirs publics, les fonds ou les contributions à la commercialisation, la validation des principes (« proof of concept ») et le développement, les services de TST ainsi que les parcs scientifiques et d'innovation ont une grande ou une très grande importance qu'il ne l'est dans les instituts pour qui ces organisations intermédiaires n'ont qu'une importance moyenne ou faible. Cependant, de telles données transversales ne permettent pas d'établir une causalité. Les données disponibles ne permettent pas non plus de savoir si les organisations intermédiaires ont contribué de manière causale

à la hausse des indicateurs de commercialisation des instituts. De plus, on a demandé aux instituts de décrire plus précisément deux organisations intermédiaires, l'une considérée comme importante et l'autre jugée sans importance. Cette description reposait sur une échelle de sept points : 1) la proximité organisationnelle (interne/externe), 2) la participation d'entreprises privées, 3) la proximité géographique, 4) la proximité technique, 5) la connaissance du marché, 6) la flexibilité dans l'offre de prestations et 7) l'organisation de manifestations intéressantes. Le graphique C 5.18 indique les intervalles de confiance de la moyenne arithmétique pour ces caractéristiques, les lignes bleues renvoyant aux organisations intermédiaires qualifiées d'importantes, tandis que les lignes vertes correspondent aux organisations intermédiaires estimées sans importance.

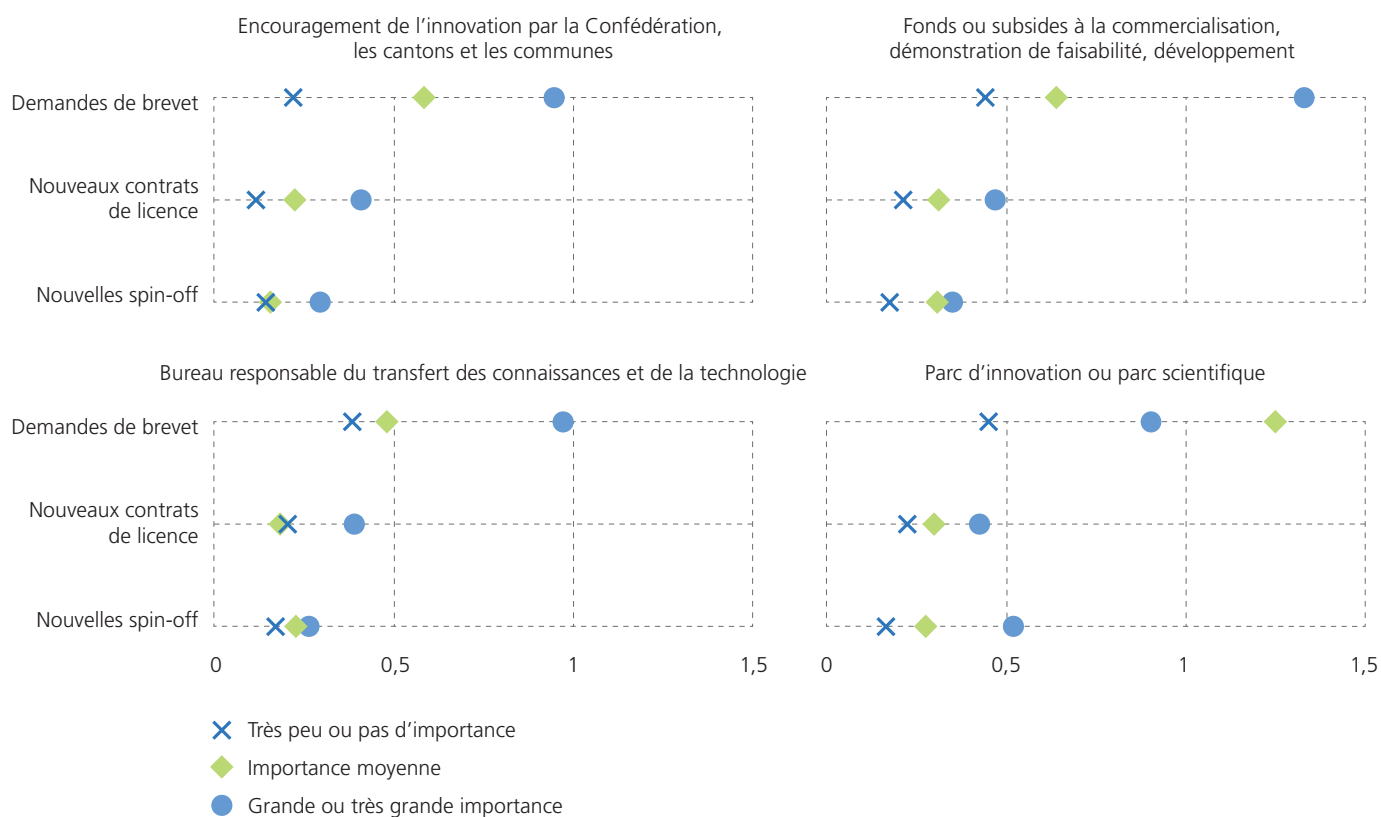
Les intervalles ne se chevauchent pas pour quatre des sept caractéristiques, de sorte que celles-ci représentent très probablement des caractéristiques pertinentes pour expliquer les importances différentes attribuées aux organisations intermédiaires :

Graphique C 5.16 : Importance des organisations intermédiaires à disposition pour l'échange de connaissances des instituts, 2015–2017



Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.17 : Indicateurs de commercialisation d'inventions académiques selon l'importance des organisations intermédiaires, pour dix scientifiques, 2015–2017



Source : Enquête FHNW (2018)

Cas d'école 4: SUN bioscience – l'industrialisation de la croissance standardisée d'organoïdes

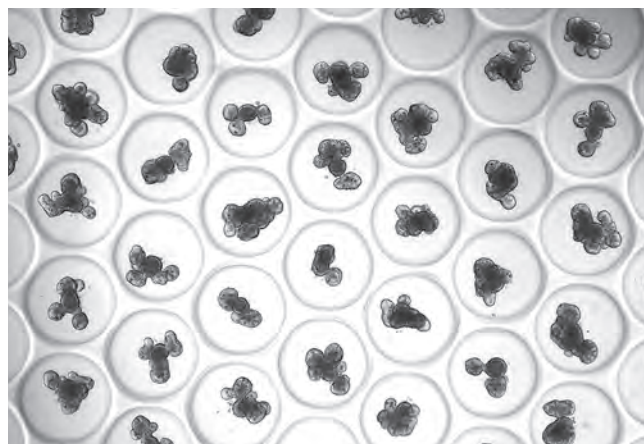
SUN bioscience, une entreprise essaimée de l'EPFL, a été créée en 2016 par deux bioingénieures, anciennes étudiantes en doctorat, dans le but de commercialiser une technologie permettant de produire industriellement, de manière efficace et exacte, de quelconques structures cellulaires tridimensionnelles. Ces structures cellulaires en trois dimensions issues de cellules souches constituent la base des « organoïdes », des reproductions fonctionnelles miniatures de quelconques organes corporels qui offrent de nouvelles possibilités à la médecine personnalisée.

Après le développement des plaques de culture cellulaire/de l'hydrogel destiné à cultiver les cellules souches, le principal défi technique résidait dans l'automatisation de la production des plaques. Ce défi a été relevé. La technologie correspondante a été introduite sur le marché en 2018 sous la marque Gri3D™.

Entre 2014 et 2018, durant la période qui a précédé la création et la phase de lancement, de nombreuses organisations qui opèrent aux niveaux cantonal, national et international ont épaulés les fondatrices et l'entreprise :

- 1) l'EPFL a elle-même soutenu les fondatrices avec une bourse « innogrant », de telle sorte qu'elles puissent poursuivre le développement de leur idée d'entreprise pendant un an dans le cadre de leur statut d'employées de l'EPFL ;
- 2) Innosuisse a cofinancé un projet de R-D, mené conjointement par SUN bioscience et le Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) de Neuchâtel, dans le cadre duquel un prototype du robot de fabrication a été développé ;
- 3) Innovaud et la Fondation pour l'Innovation technologique (FIT), des organisations de promotion de l'innovation actives

Gri3D™ Organoid Population



Source: Sun bioscience (<https://sunbioscience.ch/technology/>)

dans le canton de Vaud, ont également alloué des fonds durant la phase initiale ;

- 4) l'Union européenne (par le truchement de l'Institut européen d'innovation et de technologie (EIT) et du programme Horizon 2020) et la Fondation W. A. de Vigier, établie à Soleure, ont récompensé l'entreprise dans le cadre de concours et lui ont accordé des fonds pour financer le projet ;
- 5) l'emplacement de l'entreprise, au sein du Parc de l'innovation de l'EPFL et les bonnes relations avec l'EPFL et le CSEM ont assurément contribué au développement de contacts dans la branche et avec la clientèle.

- Les organisations intermédiaires importantes ont un ancrage un peu plus solide dans l'organisation même, alors que celles jugées sans importance ont leurs assises en interne et à l'externe à peu près à parts égales.
- On relève une nette différence quant à la compétence et à la spécialisation technique : les organisations intermédiaires importantes sont qualifiées de techniquement compétentes, alors que celles jugées moins importantes tendent à être pluridisciplinaires.
- La connaissance des marchés et des clients est aussi une caractéristique des organisations intermédiaires jugées d'importance supérieure quant au soutien apporté à l'échange des connaissances et à la coopération avec les entreprises. Ces organisations fournissent ainsi vraisemblablement un savoir complémentaire dont les instituts ne disposent pas en interne.
- L'organisation de manifestations intéressantes constitue notamment une importante caractéristique de performance qui semble contribuer à l'importance d'une organisation intermédiaire.

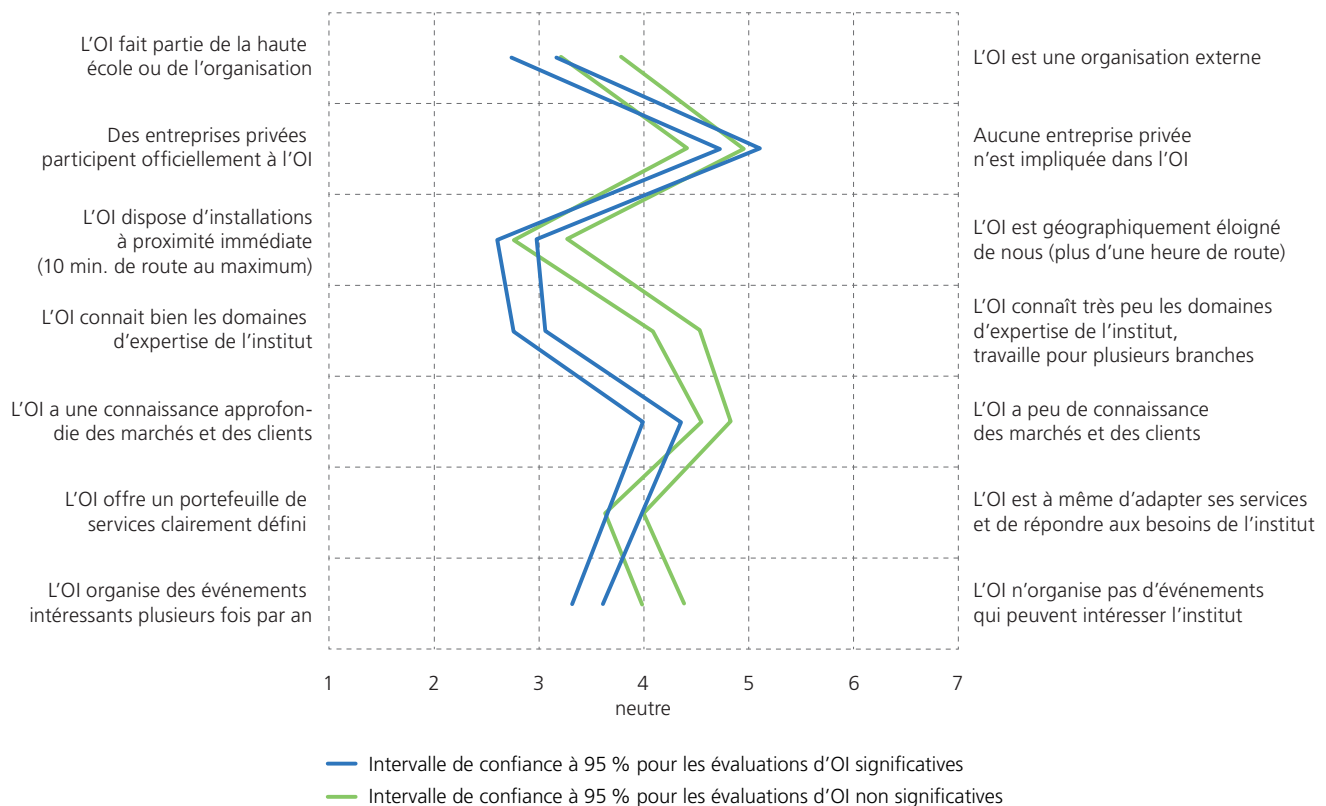
Les organisations intermédiaires, importantes et sans importance, ne se distinguent pas significativement sous l'angle de la partici-

pation d'entreprises privées, de la distance géographique les séparant de l'institut et de la flexibilité des portefeuilles de prestations.

5.3.3 L'échange de connaissances: motifs et obstacles

Les études antérieures sur les motifs, les objectifs ou l'utilité attendue conduisant à un engagement dans la commercialisation des connaissances et les coopérations industrielles pointent sur quatre groupes principaux de motifs (Ankrah et al., 2013 ; Arvanitis et al., 2008c ; Muscio & Vallanti, 2014 ; Ramos-Vielba et al., 2016) : a) les motifs financiers, b) les motifs liés au savoir et aux applications, c) les motifs de qualification et de réputation et d) les motifs liés aux coûts.

Plus de la moitié des instituts jugent importants ou très importants le renforcement de la recherche, les fonds supplémentaires dédiés à la recherche et les solutions apportées à des problèmes pratiques, alors qu'ils sont une majorité à estimer sans importance

Graphique C 5.18 : Caractéristiques des organisations intermédiaires qualifiées d'importantes et de non importantes, 2015–2017


Aide à la lecture : le profil bleu décrit les organisations intermédiaires jugées importantes et le profil vert, celles qui sont considérées sans importance. Les réponses à toutes les questions partielles devaient être choisies dans une échelle de 1 à 7. Pour la première question partielle (« L'organisation intermédiaire fait-elle partie de votre haute école/organisation ou est-elle une organisation externe ? »), la moyenne est de 2,95 pour les organisations intermédiaires importantes et de 3,5 pour celles qui n'ont pas d'importance. La figure illustre les intervalles de confiance à 95 % plutôt que ces estimations ponctuelles : pour les organisations intermédiaires importantes [2,74 ; 3,16] et pour les organisations intermédiaires sans importance [3,21 ; 3,79]. Comme ces intervalles ne se chevauchent pas, il est possible d'affirmer que les organisations intermédiaires importantes font, du point de vue des instituts, significativement plus souvent partie de leur propre haute école/organisation que ce n'est le cas des organisations intermédiaires sans importance. Si les intervalles se chevauchent (comme dans le cas de la participation des entreprises p. ex.), alors il n'y a aucune différence significative entre les organisations intermédiaires importantes et les organisations intermédiaires sans importance.

Source : enquête FHNW (2018)

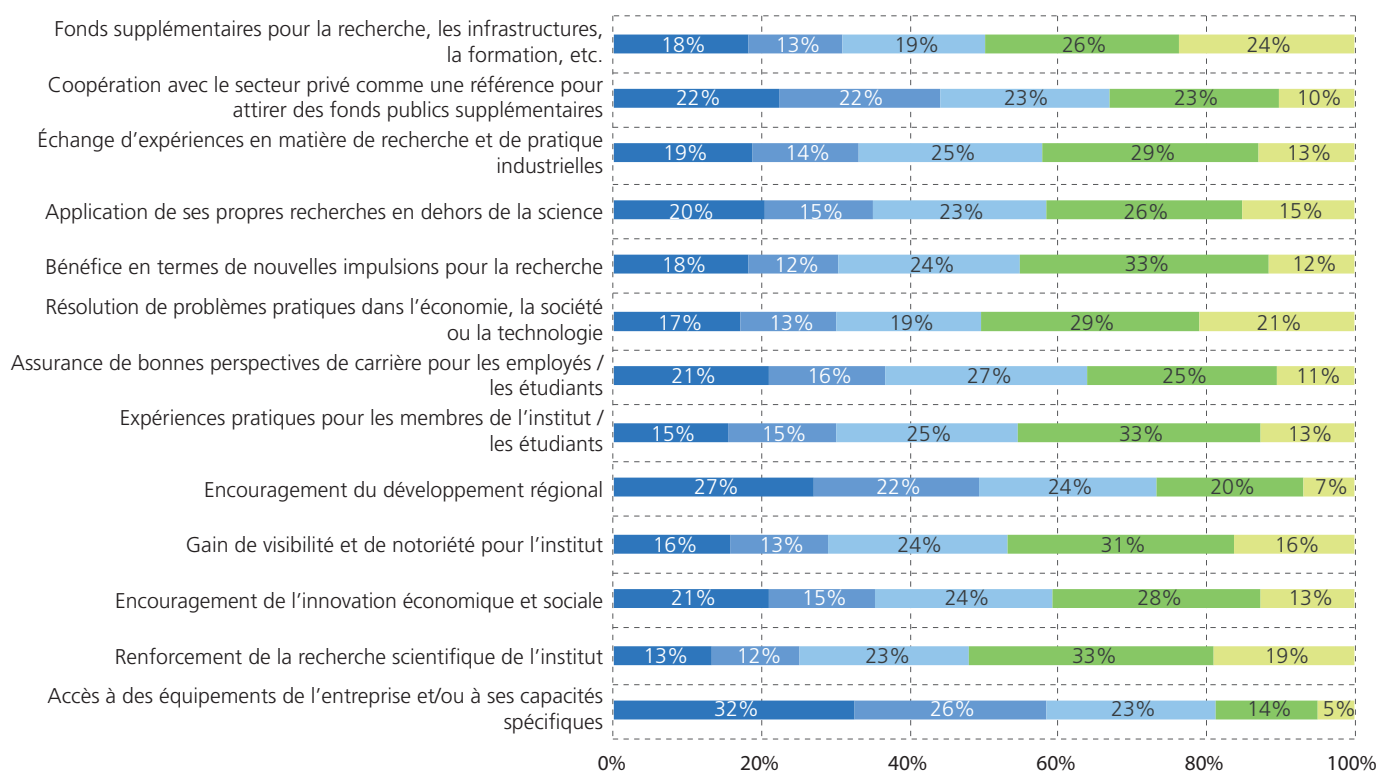
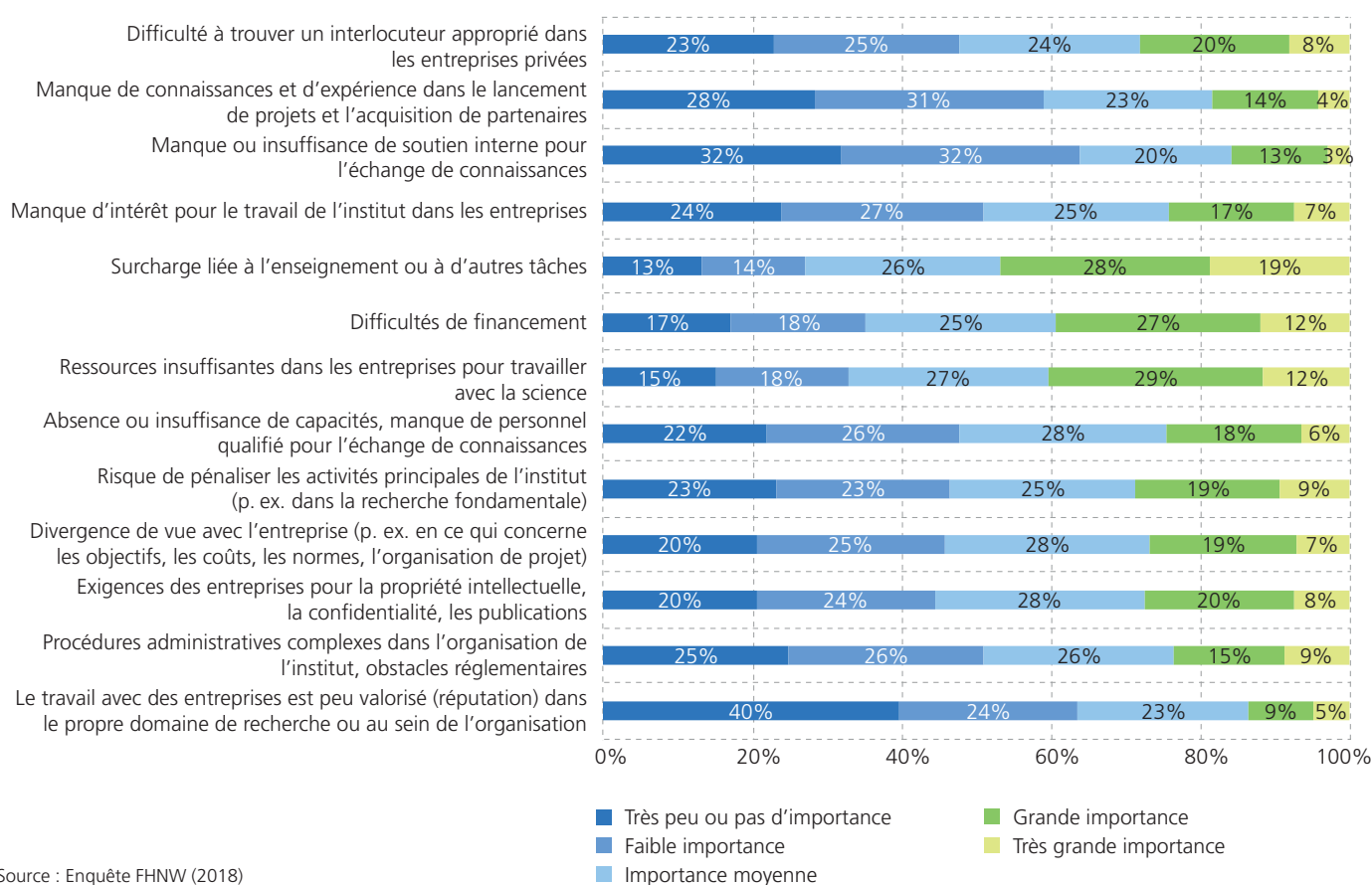
ou peu importants l'accès aux équipements et capacités propres de l'entreprise, l'encouragement du développement régional et la coopération visant à obtenir des fonds publics. De ce fait, les motifs d'échange de connaissances liés au savoir et aux applications apparaissent le plus prononcés parmi les instituts suisses.

D'après la littérature qui s'y rapporte (Arvanitis et al., 2008; Galán-Muros & Plewa, 2016; Muscio & Vallanti, 2014), les obstacles ou barrières qui s'opposent à l'échange de connaissances dans les organisations scientifiques peuvent provenir : a) de lacunes d'information et du manque de soutien, b) de conflits avec d'autres tâches dans l'enseignement et la recherche, c) des thèmes de recherche traités, d) des caractéristiques des entreprises et e) d'un financement insuffisant.

Les instituts attribuent la plus grande importance à la charge trop élevée constituée par l'enseignement et les autres tâches. Au deuxième rang, environ 40 % des instituts mentionnent le manque de ressources dans les entreprises et les difficultés de financement

en général comme des obstacles importants. Tous les autres obstacles sont de relativement moindre importance.

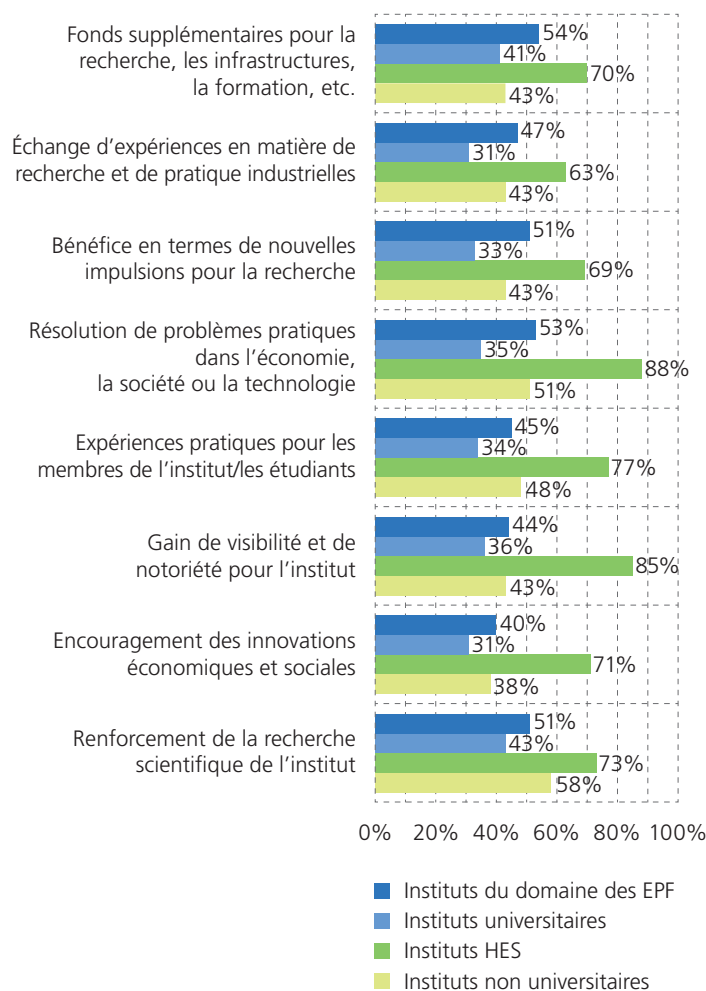
La comparaison entre le domaine des EPF, les universités, les hautes écoles spécialisées (HES) et les instituts extra-universitaires fait clairement apparaître que les instituts des HES ont une motivation sensiblement plus marquée pour l'échange de connaissances que les instituts des autres types d'organisation. Les instituts des HES mentionnent moins souvent que les autres instituts des conflits avec la recherche fondamentale ou des exigences trop élevées des entreprises en matière de confidentialité et de propriété intellectuelle. En revanche, ils attribuent davantage d'importance à la charge d'enseignement et aux problèmes de financement (graphique C 5.21). Pour les instituts des organisations des EPF par contre, l'insuffisance des ressources dans les entreprises constitue le plus grand obstacle à l'échange de connaissances.

Graphique C 5.19 : Importance des motifs et des objectifs pour l'échange de connaissances, 2015–2017**Graphique C 5.20 : Importance des obstacles et des barrières à l'échange de connaissances, 2015–2017**

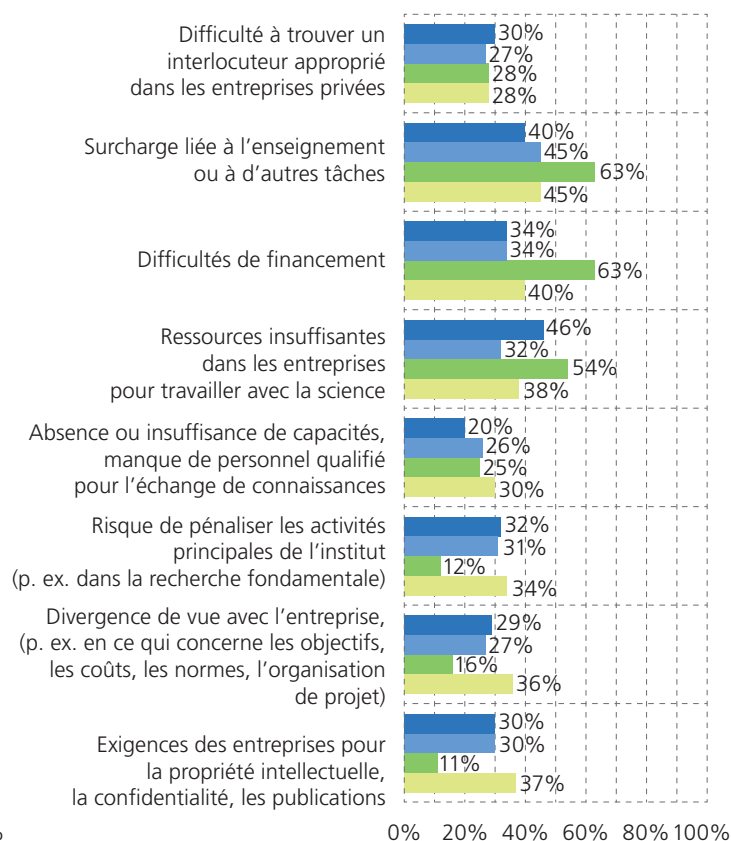
Source : Enquête FHNW (2018)

Graphique C 5.21 : Proportion d'instituts dont les motifs pour, respectivement les obstacles contre l'échange de connaissances sont importants, par types d'organisation et par motifs/obstacles, 2015–2017

a) Motifs



b) Obstacles



Source : Enquête FHNW (2018)

Pourquoi les projets de transfert échouent-ils ?

Outre que des projets d'échange de connaissances ne se réalisent pas, comme décrit, parce que la motivation est faible ou en raison d'obstacles, il peut aussi arriver que des projets échouent alors qu'ils sont en cours. Les experts des hautes écoles et des institutions de recherche suisses sont d'accord pour admettre que le succès et l'échec des projets de transfert ne se laisse guère mesurer de manière fiable. Cette situation s'explique par la du-

rée, très longue dans certains cas, des cycles de projet et des périodes séparant l'exécution et l'apparition des effets, par la multitude d'influences qui s'exercent sur le succès ou encore par la connaissance insuffisante qu'ont les scientifiques de la performance économique d'un projet après sa clôture. Le tableau qui suit est une tentative de résumer les causes d'échec en les différenciant selon trois types de projet et six groupes d'acteurs.

Causes d'échec des projets de transfert par acteurs

	Projets de R-D	Commercialisation d'inventions des hautes écoles avec des entreprises existantes	Commercialisation d'inventions des hautes écoles avec des entreprises essaimées (« spin-off »)
1) Haute école, institution de R-D	La valeur attribuée au TST est trop faible; trop peu de ressources pour les projets de TST; pénuries de personnel; saturation des infrastructures	La valeur attribuée au TST est trop faible; trop peu de ressources pour les projets de TST	La valeur attribuée au TST est trop faible
2) Service de TST	Désaccord entre le service de TST et les entreprises quant aux conditions (propriété intellectuelle, publication).	Désaccord entre le service de TST et les entreprises quant aux conditions (licences); évaluation négative des possibilités de protéger (à partir des informations de l'IPI); dotation financière et en personnel du service de TST insuffisante	Désaccord entre le service de TST et les entreprises quant aux conditions (licences)
3) Chercheurs et chercheuses	Les chercheurs changent d'organisation; la recherche / la technologie ne répond pas aux attentes; gestion de projet insuffisante	La recherche/la technologie ne répond pas aux attentes; « Divul-gation non autorisée »: la publication empêche la protection du brevet; sensibilité commerciale faible / insuffisante; manque de ressources pour les projets TST; chercheurs inexpérimentés en matière économique.	La recherche / la technologie ne répond pas aux attentes; chercheurs inexpérimentés en matière économique
4) Entreprises	Changement de stratégie suite à des réorganisations, changement de propriétaires; évaluation négative de la technologie; conscience insuffisante, temps et ressources financières pour les projets de R-D; fausses attentes envers les projets de R-D; fausse estimation des besoins de la clientèle	Évaluation négative de la technologie; manque de ressources pour les projets TST; absence d'un « champion » à l'interne; fluctuation des collaborateurs, expérience insuffisante du transfert	Fausse estimation du marché / des besoins de la clientèle
5) Bailleurs de fonds et investisseurs	Financement insuffisant pour la R-D appliquée	Financement insuffisant pour la validation des principes (« proof of concept »), les prototypes, les tests cliniques	Perte de confiance par manque de succès; manque de financement; désaccord entre le service de TST et les investisseurs quant aux conditions
6) Conseillères et conseillers, organisations intermédiaires	La géographie des conseillers (actifs sur le plan régional, local) ne correspond pas à la géographie de la R-D	–	Des conseillers peu compétents entravent les négociations

5.4 Conclusions

La participation des instituts à l'échange de connaissances est considérable. Entre 2015 et 2017, plus de trois quarts des instituts ont coopéré avec des entreprises en Suisse et 60 % avec des entreprises à l'étranger. Du point de vue des instituts, cette coopération, qui a surtout lieu pour des motifs liés au savoir et aux applications, devrait renforcer la recherche tout en concourant à résoudre des problèmes pratiques dans l'économie et la société. Elle sert en outre au financement supplémentaire de la recherche (ressources de tiers). Le caractère fortement international est essentiel, car il permet d'accéder à des compétences et à des ressources dont la Suisse ne dispose pas.

L'intensité de la participation à l'échange de connaissances, les partenaires et les mécanismes et formes utilisés diffèrent selon l'organisation (domaine des EPF, université, HES, institut de recherche extra-universitaire), le domaine et la taille :

- L'échange de connaissances constitue une tâche essentielle pour les instituts focalisés sur la R-D appliquée et le conseil (un peu plus du cinquième de tous les instituts). Ces instituts – avant tout des instituts actifs dans les sciences de l'ingénieur et les instituts des HES – coopèrent avec les entreprises de nombreuses manières en recourant à tout l'éventail des instruments formels et informels. Ils misent le plus souvent sur les incitations sous forme de récompenses pour des prestations particulières dans l'échange des connaissances et formulent leurs règles positivement pour le travail dans, pour et avec les entreprises privées. Ces instituts perçoivent moins positivement les règles de création des spin-off et généralement celles de commercialisation des résultats de recherche. Des clarifications supplémentaires semblent nécessaires pour savoir en quoi consistent exactement les besoins et les potentiels d'optimisation.
- Conformément à leur mission, la moitié des instituts se présentent comme des instituts de recherche fondamentale orientés vers les applications. Ils appartiennent, à parts à peu près égales, aux universités et au domaine des EPF (ainsi qu'aux organisations extra-universitaires à raison de 10 %). Pour ces instituts, la recherche fondamentale arrive en première position et la formation de doctorants en deuxième position. La R-D appliquée et l'enseignement aux niveaux du bachelor et du master suivent dans l'ordre d'importance. Hormis la R-D appliquée, ces instituts commercialisent leur savoir aussi fréquemment que le premier groupe sous forme de licences ou de spin-off. Ils disposent également de réglementations internes et d'une culture organisationnelle qui concourent à ces fins. Pourtant, malgré leur orientation explicite vers les applications, ces instituts coopèrent relativement peu avec les entreprises dans les domaines de la recherche et de l'enseignement. Il faut en chercher la raison dans leur manque d'expérience en la matière, dans leurs réserves envers la pratique au sein des entreprises et dans leurs exigences concernant la confidentialité ou les publications. Atténuer ces réserves tout en garantissant la compatibilité entre la science ouverte et la coopération avec les entreprises serait assurément utile à l'échange des connaissances.

- Les deux types restants, les instituts de recherche fondamentale chargés d'une mission de formation et les instituts de recherche orientés vers les applications et chargés d'un mandat de prestations pratiques, représentent ensemble 30 % des instituts. Il s'agit dans sept cas sur dix d'instituts universitaires. Outre la recherche, ils se concentrent soit sur l'enseignement, soit sur les services pratiques pour la société. Leurs domaines d'activité couvrant les sciences naturelles, la médecine ou l'agronomie, ils suscitent de loin la plus faible motivation à coopérer avec des entreprises privées. Leur travail rencontre le plus souvent un intérêt limité auprès des entreprises privées, ils font état de capacités insuffisantes, de conflits potentiels entre l'échange de connaissances et d'autres tâches ainsi que de barrières réglementaires internes. Certes, on trouve dans certains de ces instituts des incitations internes à participer aux échanges de connaissances, mais leurs effets restent limités pour les raisons mentionnées. Les angles d'approche pour accroître l'échange de connaissances résident surtout dans les mécanismes basés sur l'enseignement (pour les deux types d'institut de recherche fondamentale) et dans l'apport de ressources supplémentaires (instituts orientés vers les applications et chargés d'un mandat de prestations).

L'écosystème suisse de l'innovation dispose d'une multitude d'organisations intermédiaires qui encouragent l'échange de connaissances sur mandat de la Confédération, des cantons, des communes, des hautes écoles, d'organisations économiques, de fondations et d'autres groupes sociaux. Les instituts qui ont répondu attribuent la plus grande importance à l'encouragement public (financier) de l'innovation, suivi des services de transfert du savoir et de la technologie. Les autres types d'organisation sont qualifiés de peu importants par 80 % à 90 % des instituts, ce qui indique la portée limitée de l'impact des organisations intermédiaires. Il s'agit de parcs scientifiques et d'innovation, d'incubateurs et de centres pour fondateurs, de fonds ou d'apports pour le développement et la commercialisation, de centres de recherche coopératifs, d'organisations de cluster et d'instruments basés sur internet. La diversité et la fragmentation des organisations intermédiaires contribue à expliquer ce tableau.

L'analyse montre en même temps que certaines organisations intermédiaires sont importantes, même si elles sont utilisées par très peu d'instituts : l'importance des fonds ou des apports pour le développement et la commercialisation et des parcs scientifiques et d'innovation corrélerent avec les indicateurs de la commercialisation (brevets, licences, spin-off). Les études de cas sur les spin-off révèlent aussi des prestations positives des organisations intermédiaires.

Les organisations intermédiaires importantes se distinguent comme suit de celles qui le sont moins : elles ont un ancrage interne un peu plus fort dans l'organisation, elles opèrent davantage par domaine spécifique et moins sur un mode interdisciplinaire, elles apportent une connaissance des marchés et de la clientèle et elles organisent des manifestations intéressantes du point de vue des scientifiques. Le travail des organisations intermédiaires se rattache à ces résultats et caractéristiques :

- Elles pourraient améliorer leur visibilité et leur perception, partant aussi leur efficacité, si elles complétaient, voire remplaçaient les fréquentes petites manifestations non coordonnées par de moins nombreuses manifestations plus grandes, organisées conjointement et dont les participants seraient triés sur le volet.
- Ces manifestations devraient être spécifiques aux domaines, à l’instar des autres activités de soutien et de mise en réseau. La concentration par domaine et le développement des compétences spécifiques au domaine concerné devraient bénéficier d’une haute priorité dans chaque organisation intermédiaire.
- Dans nombre de cas, la connaissance et l’accès aux clients et aux marchés font défaut aux instituts. Or, cette connaissance complémentaire est essentielle pour un échange de connaissances fructueux. Ce peut être aussi la contribution d’une organisation intermédiaire.
- Si des connaissances techniques et économiques spécifiques sont importantes pour soutenir l’échange de connaissances, il en va de même de multiples connaissances et expériences juridiques. Garantir que les organisations intermédiaires et les coaches disposent de cette large base de connaissances ou que les coaches et consultants qualifiés peuvent être mieux distingués des non qualifiés représenterait une contribution importante de la politique d’innovation. Les offres de formation continue et les certifications pourraient constituer une solution.

besoins de soutien d’une organisation en termes d’échange de connaissances dépendent fortement de la conception qu’elle a de son propre rôle.

La motivation d’échanger des connaissances est assurément la plus forte dans les instituts des HES, qui correspondent largement au groupe des instituts focalisés sur la R-D appliquée et le conseil. Les principales barrières à l’échange de connaissances que ces instituts doivent surmonter sont le manque de financement, la forte charge que représentent l’enseignement ou d’autres tâches et les ressources limitées au sein des entreprises. Dans les instituts des EPF également, la motivation pour échanger des connaissances est importante, mais elle est clairement subordonnée au travail de recherche fondamentale et à l’excellence de la recherche. Il convient donc de prendre au sérieux les réserves à l’encontre de l’échange de connaissances qui sont inhérentes aux conflits potentiels entre ces tâches et de possibles entraves aux activités de recherche. Ces réserves devraient être communiquées aux entreprises partenaires de façon à susciter leur compréhension. Près de la moitié des instituts universitaires ressemblent à ces instituts des EPF, l’autre moitié se concentrant sur la recherche et l’enseignement ou sur la recherche et les services pratiques pour la société. Comparativement, ces instituts témoignent de la plus faible motivation pour échanger des connaissances. Ils ne parviennent que rarement à surmonter les obstacles internes (charge constituée par les autres tâches, procédures de TST fastidieuses, manque de ressources et de financement) et les barrières externes (faible intérêt des entreprises pour leur travail). Les instituts extra-universitaires se composent d’organisations très différentes. On y trouve le CERN, qui se voue à l’excellence dans la recherche en physique fondamentale et veut repousser les limites de la science et de la technique, ou le CSEM, qui s’applique à convertir la recherche fondamentale en nouveaux processus et à développer des produits innovants tout en soutenant l’industrie et la société à se préparer à l’avenir. Les conditions de décision et les





Le terme « technologies financières » (« FinTech ») englobe, dans le secteur de la finance, un large éventail d'innovations qui ont été rendues possibles par la numérisation. Le développement technologique qui sous-tend une multitude de nouvelles applications possibles est un vecteur essentiel de l'innovation dans le secteur financier. Les banques établies ont commencé à tirer parti de ces nouveautés. Dans le même temps, des équipes et des figures créatives ont su profiter de ce nouveau potentiel et ont fondé des start-up dans le domaine FinTech. Le secteur des start-up est aujourd'hui vivant et dynamique, notamment dans le canton de Zoug. Illustration : Zug Tourismus

PARTIE C : ÉTUDE 6

**Protection de la propriété
intellectuelle et innovation en Suisse**

Synthèse

L'étude porte sur le système suisse de protection de la propriété intellectuelle et la question de savoir comme il soutient l'innovation. Elle se focalise sur un type particulier de propriété intellectuelle: les brevets. Dans l'ensemble, les inventions sont relativement rarement brevetées en Suisse. En raison de la mondialisation de la recherche et du développement, seules quelques-unes des innovations qui ont vu le jour dans notre pays sont déposées comme demande prioritaire auprès de l'office suisse des brevets. Les déposants de brevets helvétiques déposent souvent leurs brevets auprès de l'Office européen des brevets pour les faire valider ultérieurement en Suisse. De manière générale, les représentants de l'industrie interrogés dans le cadre de cette étude considèrent positivement le système des brevets, mais critiquent souvent son coût, sa complexité et sa lenteur. De leur point de vue, la création du Tribunal fédéral des brevets constitue une évolution positive.

La politique des brevets est un élément essentiel de la politique de l'innovation. L'étude fournit une vue d'ensemble qui s'appuie principalement sur trois sources. Premièrement, elle donne un aperçu du cadre juridique et de la littérature économique consacrée au thème de la propriété intellectuelle. Deuxièmement, elle fournit des informations empiriques sur l'état de la protection conférée par les brevets en Suisse et présente, troisièmement, l'opinion de représentants d'une sélection d'entreprises locales sur le système suisse des brevets.

L'examen de la littérature spécialisée montre que dans des domaines essentiels tels que les produits pharmaceutiques, on peut affirmer de manière convaincante que le système des brevets favorise l'innovation et, en fin de compte, le bien-être social. Il ne faudrait cependant jamais oublier que l'impact positif du système des brevets dans un secteur n'est pas nécessairement indicatif pour d'autres secteurs. En outre, certains cas bien documentés de défaillance du système des brevets sont attribuables à des stratégies de brevetage abusives utilisées par certains acteurs.

L'analyse quantitative permet de tirer trois conclusions importantes:

- 1) Dans l'ensemble, les inventions sont brevetées relativement rarement. Seules quelques entreprises déposent des brevets. Mais quand elles le font, c'est généralement en grand nombre.
- 2) L'activité de recherche et de développement dans l'économie suisse est fortement mondialisée. De nombreuses entreprises développent leurs innovations brevetées à l'étranger. Ainsi, un quart des innovations brevetées par les multinationales helvétiques naissent en Suisse (25 %) et un quart dans l'Union européenne (27 %).

- 3) En raison de la mondialisation de la recherche et du développement, seules quelques-unes des innovations qui voient le jour dans notre pays sont effectivement déposées comme demande prioritaire auprès de l'office suisse des brevets. Les déposants de brevets suisses déposent souvent leurs brevets auprès de l'Office européen des brevets (OEB) pour les faire valider ultérieurement en Suisse.

De manière générale, les représentants de l'industrie sondés dans le cadre de cette étude considèrent positivement le système des brevets, mais critiquent souvent son coût, sa complexité et sa lenteur. Les avis étaient partagés sur la question de savoir si l'Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle devait désormais proposer un examen matériel. D'autres aspects du droit de la propriété intellectuelle, comme le privilège de la recherche, jouent un rôle dans la promotion de l'innovation.¹ Selon les personnes interrogées, le système suisse des brevets est équilibré à cet égard. La création du Tribunal fédéral des brevets a été également accueillie comme une évolution positive.

¹ Par exemple, la recherche fondamentale sans intention commerciale sur une invention brevetée est possible sans qu'elle ne viole le brevet.

Le texte suivant est la version courte d'une étude réalisée par les Prof. Stefan Bechtold (École polytechnique fédérale de Zurich) et Gaétan de Rassenfosse (École polytechnique fédérale de Lausanne). La version longue de cette étude est parue dans la collection du SEFRI (www.sbfri.admin.ch).

Contenu étude 6

6.1	Introduction	317
6.2	Importance des brevets pour la promotion de l'innovation	318
6.2.1	Le savoir comme bien public	
6.2.2	Les brevets sont-ils déterminants pour favoriser l'innovation ?	
6.2.3	Les brevets sont-ils une source d'information ?	
6.2.4	Les brevets peuvent-ils entraver l'innovation ?	
6.2.5	État actuel	
6.3	Données quantitatives : la Suisse, leader mondial dans le domaine de la technologie	326
6.3.1	Brevets et mesure de l'innovation : remarques préalables	
6.3.2	Forte dimension internationale des entreprises « suisses »	
6.3.3	Entreprises suisses à la pointe en matière de nouvelles technologies	
6.4	Conclusions	335

6 Protection de la propriété intellectuelle et innovation en Suisse

6.1 Introduction

La présente étude porte sur le système suisse de protection de la propriété intellectuelle (PI; système de PI) et la question de savoir comment il favorise l'innovation. Elle se focalise sur un type particulier de propriété intellectuelle: les brevets. Elle tient compte à cet égard de différents agents économiques en Suisse, en particulier les firmes multinationales (FMN), les petites et moyennes entreprises (PME) ainsi que les start-up et les universités. Lorsqu'il est question de «FMN suisses», on entend des titulaires de brevets qui détiennent plus de 100 titres actifs et dont le siège se trouve en Suisse.

Pour comprendre le système suisse de PI dans son ensemble, il faut considérer aussi l'environnement dans lequel il s'intègre. La Suisse est une petite économie ouverte au cœur de l'Europe. L'étude analyse le débat sur le système suisse des brevets à la lumière des systèmes européen et mondial des brevets; elle ne se prononce toutefois pas sur la qualité du régime européen des brevets. De par leur nature, les brevets sont des droits territoriaux. Il n'est toutefois pas rare que la protection par brevet soit demandée simultanément en Suisse et dans d'autres pays européens. Le système suisse des brevets présente certes quelques particularités, mais les grands paramètres auxquels doit faire face toute politique d'innovation lorsqu'il s'agit d'aménager un régime des brevets sont universels.

Un brevet est un droit de PI qui est délivré pour une invention technique. Il donne à l'inventeur les moyens de s'opposer à ce qu'un tiers fabrique, utilise, vende, importe ou distribue sans son accord l'invention brevetée à des fins commerciales. Un brevet est en général octroyé pour une durée maximale de 20 ans pour une invention applicable industriellement qui se caractérise par sa nouveauté et son inventivité. Même si les brevets ne constituent pas le seul moyen de générer des revenus à partir d'une invention, ils jouent un rôle essentiel dans la stratégie de commercialisation d'une entreprise.

Les brevets ne sont qu'un type de droits de PI parmi d'autres droits essentiels comme les marques, les designs, les droits d'auteur, les indications de provenance, les variétés végétales et, dans certains pays, les modèles d'utilité. Si tous ces droits revêtent de l'importance pour une entreprise, les brevets retiennent le plus souvent l'attention des médias ainsi que des milieux politiques et académiques.

L'étude aborde le système des brevets sous un angle juridico-politique. La politique des brevets fait partie intégrante de la politique de l'innovation. Dans l'étude, cette dernière est considérée dans un sens large et comprise comme une interaction entre les processus politiques et les processus d'innovation. La politique de l'innovation traite de l'intervention de l'État en faveur de l'économie dans le but de promouvoir la création, le développement, le transfert et la commercialisation d'innovations. Les aides et subventions de recherche et développement (R-D), le financement de la recherche

fondamentale par les pouvoirs publics, la promotion de l'économie par l'État et le régime fiscal sont d'autres éléments de cette politique parallèlement au système des brevets. Comme l'innovation dépend de nombreux facteurs et qu'elle déploie des effets multiples, elle est aussi directement influencée par d'autres domaines politiques comme le droit du travail et, en particulier, la politique de formation (formation professionnelle et formation tertiaire), qui permet de disposer d'une main-d'œuvre qualifiée dans les secteurs innovants.

Les aspects ci-après doivent être pris en considération pour l'étude:

- 1) Les brevets ont vocation à protéger des inventions techniques. Or toute invention n'aboutit pas forcément à une innovation rentable et toute innovation n'est pas obligatoirement l'aboutissement d'une invention brevetée. Par ailleurs, les entreprises innovantes ne détiennent pas toutes des brevets et les entreprises qui déposent des brevets ne sont pas toutes innovantes et prospères.
- 2) La politique des brevets ne représente qu'une facette de la politique de l'innovation. De ce fait, l'étude ne postule pas que la politique des brevets constitue le seul ou le principal outil pour promouvoir l'innovation.

Approche

L'étude s'appuie d'une part sur une analyse de la littérature juridique et économique spécialisée en matière de propriété intellectuelle et d'autre part sur des interviews d'agents économiques locaux qui ont été invités à donner leur avis sur le système suisse des brevets. Elle fournit donc des informations empiriques sur le régime des brevets en Suisse.

Il ressort de l'examen de la littérature spécialisée qu'il existe un large éventail de sujets directement liés à la PI. Les articles scientifiques ont été évalués à l'aune de la qualité de la revue dans laquelle ils sont parus et de leur fréquence de citation. Ils ont ensuite été comparés avec des aperçus récents de la littérature spécialisée dans le but d'identifier d'éventuelles lacunes. Quelque 120 articles ont été analysés.

Les entretiens ont été conduits à l'aide d'interviews semi-standardisées avec 14 professionnels travaillant dans des entreprises et des universités suisses. Ils mettent en lumière certains aspects du système suisse de PI, mais n'offrent pas un tableau représentatif de l'industrie suisse.

Structure

Le rapport est structuré comme suit: le chapitre 6.2 explore la littérature spécialisée examinant le rôle des brevets dans la promotion de l'innovation. Le chapitre 6.3 présente des données chiffrées sur les brevets et les activités de brevetage en Suisse. Ces deux chapitres exposent également des conclusions tirées des entretiens évoqués ci-dessus. Le chapitre 6.4, enfin, offre une perspective sur l'avenir du système suisse des brevets.

6.2 Importance des brevets pour la promotion de l'innovation

Les fondements économiques des brevets d'invention semblent évidents à première vue : le brevet aide les inventeurs à convertir leur invention en revenus et contribue ainsi au progrès technologique dans la société. Comme décrit au cours de ce chapitre, tant la recherche théorique que la recherche empirique font apparaître un tableau plus contrasté de la relation entre brevet et innovation.

6.2.1 Le savoir comme bien public

Les droits de PI, pour l'essentiel les brevets, les droits d'auteur, les marques, les designs, les indications de provenance, les variétés végétales et, dans certains pays, les modèles d'utilité,² font partie intégrante d'une politique moderne de l'innovation. Selon les justifications théoriques, l'argument classique en faveur du droit des brevets est qu'il permet de résoudre le dilemme des biens publics (Landes & Posner, 2003). Le savoir étant considéré comme un bien public, il est caractérisé, à l'instar d'autres biens publics, par la non-rivalité en ce qui concerne son utilisation et par la non-exclusivité au niveau de la consommation.

Les biens publics en sciences économiques

La différence entre bien public et bien privé réside dans le fait qu'aucun agent ne peut être exclu de l'utilisation d'un bien public (non-exclusivité) et que la consommation de ce bien par un usager n'entraîne aucune diminution de la consommation d'autres usagers (non-rivalité). L'éclairage public, la sécurité nationale, les routes, la qualité de l'air et de l'environnement, mais aussi le savoir sont des exemples classiques de biens publics.

Cette différence peut être illustrée comme suit : lorsqu'un individu tient une pomme dans sa main, il a la possibilité de s'opposer à ce que d'autres personnes s'en emparent (exclusivité), et lorsqu'il l'a mangée, elle n'est plus disponible (rivalité). En l'absence de droits de PI, une personne qui possède des informations ne peut pas empêcher efficacement une autre personne de les utiliser (non-exclusivité), et l'utilisation de ces dernières n'enlève rien à leur valeur (non-rivalité). Dans la pratique, les idées et les inventions sont majoritairement non-rivales. S'il est vrai que plus le nombre d'utilisateurs est élevé, plus le bénéfice économique que l'on peut en tirer baisse, cette baisse est beaucoup moins significative que pour les biens privés.

Un pan entier de la recherche en sciences économiques a montré que les biens publics pouvaient entraîner un dysfonctionnement du marché, car dans une économie de marché les incitations à produire de tels biens sont insuffisantes (Samuelson, 1954; Coase,

1974). Cet état de fait est à l'origine du problème du resquilleur puisque les consommateurs peuvent jouir de ces biens sans en supporter les coûts. Une entreprise privée ne choisirait donc pas de produire ces biens, car ce ne serait pas rentable.

Les défaillances du marché dans la théorie économique

On observe un échec du marché lorsque le marché concurrentiel ne garantit pas une allocation des ressources efficace du point de vue du bien-être social. Les biens publics, les monopoles, les asymétries d'information et les externalités en sont des exemples typiques. Les défaillances du marché constituent un motif important d'intervention de l'État sur les marchés concurrentiels, dans lesquels il joue un rôle régulateur en créant des incitations pour les privés afin d'aboutir à une situation de bien-être social.

Une défaillance du marché liée aux biens publics peut justifier une intervention directe de l'État dans le cas, par exemple, de l'exploitation de l'éclairage public, de la défense militaire ou de la gestion des universités pour générer du savoir. L'État ne doit pas produire les biens publics lui-même, mais plutôt inciter, grâce à son intervention, d'autres acteurs à le faire. C'est justement ce que font la majorité des pays du monde dans le domaine de la production des connaissances : en instituant des droits de propriété comme les brevets, ils transforment le savoir, qui est un bien non exclusif, en un bien exclusif. Un brevet permet à l'inventeur d'exclure la concurrence de l'utilisation gratuite de son invention et d'en autoriser l'exploitation sous licence. Les recettes attendues issues d'une exploitation propre ou des redevances de licence sont le préalable pour qu'il se lance dans une activité inventive (Landes et Posner, 2003).

D'un point de vue économique, il existe d'autres réponses que les brevets aux défaillances du marché dans la production de savoir : par exemple les aides et subventions R-D. Elles diminuent les coûts de la production du savoir supportés par les acteurs privés du marché et accroissent par conséquent son attractivité. Les prix d'innovation sont également des moyens efficaces de promotion de l'innovation (Wright, 1983; Brunt et al., 2012).

À l'inverse de ces deux dernières mesures, le système des brevets ne se résume pas à ses effets incitatifs. Tout régime des brevets comporte un contrat social entre l'inventeur et la collectivité, dans le cadre duquel l'inventeur obtient un droit exclusif, limité dans sa portée et dans le temps. En contrepartie, il doit publier son invention dans un fascicule. D'autres inventeurs peuvent ainsi utiliser librement l'invention brevetée à l'expiration de la durée de protection du brevet, mais aussi la faire évoluer sur la base des connaissances divulguées pendant que le brevet est encore en vigueur. Les externalités entre inventeurs et l'encouragement de processus cumulatifs d'innovation, dans lesquels les inventeurs peuvent s'appuyer sur des travaux antérieurs, sont donc une caractéristique théorique importante du système des brevets (Scotchmer, 1991).

² Le modèle d'utilité est souvent considéré comme le « petit frère » du brevet et concerne les innovations mineures. Obtenu au terme d'une procédure plus simple et rapide, sa durée de protection est plus courte.

6.2.2 Les brevets sont-ils déterminants pour favoriser l'innovation ?

Justifier la protection conférée par le brevet à la lumière de la théorie des biens publics semble certes logique et convaincant, mais il est difficile d'évaluer son incidence pratique pour la politique d'innovation, et ce pour au moins quatre motifs :

- 1) Les entreprises et les inventeurs individuels s'appuient généralement sur le système des brevets, mais aussi sur d'autres moyens créant des incitations à innover.
- 2) Les entreprises utilisent le système des brevets pour de multiples raisons, dont certaines ne sont en rien liées à l'effet incitatif créé par celui-ci.
- 3) Certains secteurs économiques n'utilisent pas les droits de PI comme moyen pour exclure la concurrence, mais misent plutôt sur un échange ouvert d'informations.
- 4) Les études empiriques disponibles sur le lien de causalité entre brevet et innovation brossent un tableau nuancé.

Ces raisons seront mises en lumière ci-après.

- 1) Alternatives au système des brevets : l'octroi de droits de propriété comme le brevet n'est pas le seul outil dont dispose l'État pour créer des incitations à innover

Comme mentionné précédemment, il existe encore d'autres instruments comme les subventions directes, les prix pour les inventeurs, ainsi que la possibilité de soumettre les droits de PI à un régime fiscal particulier (Chatagny et al., 2017). Selon un représentant de l'industrie interrogé pour les besoins de l'étude, un environnement propice à la promotion de la recherche (p. ex. privilège de la recherche dans le droit des brevets)³ forme un préalable à l'innovation tout aussi important que les conditions juridiques de brevetabilité. Un autre interlocuteur a suggéré de réfléchir à une limitation stratégique de la protection de la PI en Suisse afin que le pays puisse devenir un hub technologique dans certains domaines (p. ex. les plateformes basées sur l'apprentissage automatique).

Plusieurs des partenaires interviewés ont expliqué que la stratégie de brevetage et de transfert de brevets de leur entreprise est largement influencée par des considérations fiscales. Dans ce contexte, il est clair que les débats actuels sur le régime de taxation privilégiée appliqué dans le cadre des « patent boxes » ont un impact important sur les incitations à investir et à innover et par conséquent aussi sur l'implantation d'activités innovantes d'entreprises étrangères en Suisse. Enfin, d'autres partenaires interrogés ont mentionné la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée en Suisse comme un atout particulièrement attrayant. L'emploi de collaborateurs hautement qualifiés permet de développer des produits sophistiqués et hauts de gamme et des réseaux de production complexes, ce qui est décisif pour rester concurrentiel.

Une politique d'innovation globale ne peut se limiter à conjuguer au mieux ces divers éléments. Elle doit aussi prendre en considération le fait que ceux-ci interagissent entre eux et que ces interactions provoquent parfois des réactions stratégiques des acteurs du marché (Gallini & Scotchmer, 2001 ; Hemel & Ouellette, 2013, 2019). De nombreuses études réalisées auprès d'entreprises innovantes du monde entier depuis les années 1980 montrent à quel point l'importance du système des brevets reste limitée dans plusieurs secteurs économiques. Quelles que soient les branches d'activité, les brevets ne constituent pas, dans l'ensemble, le principal instrument utilisé par les entreprises pour protéger leurs innovations. Selon les entreprises interrogées, la priorité est de pouvoir garder leurs inventions secrètes, et d'avoir une longueur d'avance sur la concurrence (voir Hall et al., 2014, pour une vue d'ensemble).

Une ventilation par branche révèle toutefois des différences considérables. Dans l'industrie pharmaceutique et chimique, ainsi que pour certains produits médicaux et dans l'industrie des machines, les brevets jouent un rôle central (Hall et al., 2014 : 382, 383, 386, 418). Ils sont susceptibles de dégager les rendements les plus élevés dans les domaines des produits médicaux, des biotechnologies et des médicaments, suivis par ceux des ordinateurs, de la construction mécanique et des produits chimiques industriels (Arora et al., 2008). Les partenaires interviewés dans le cadre de la présente étude ont confirmé la place centrale qu'occupent les brevets dans le domaine des sciences de la vie, non seulement pour les grandes entreprises pharmaceutiques, mais aussi pour les start-up. Sans brevet solide, il est difficile de mettre sur pied une jeune pousse performante. Il faut toutefois relever que si les sondages et les interviews fournissent des indications intéressantes sur l'importance que revêt le système des brevets pour les entreprises, ces méthodes n'offrent pas de réponse définitive quant aux avantages que ce système apporte à l'échelle de la société.

- 2) Se protéger des contrefaçons n'est pas le seul motif pour lequel les entreprises déposent un brevet

Les entreprises sondées pour cette étude ont indiqué que les arguments en faveur du brevet étaient multiples, que les entreprises poursuivaient souvent des stratégies de brevetage mûrement réfléchies et que celles-ci variaient en fonction du secteur économique. Le choix du brevet repose notamment sur les motivations suivantes :

- se défendre contre les éventuelles plaintes en matière de brevets,
- développer un arsenal de brevets en vue de négociations ou de concessions réciproques de licences,
- empêcher la concurrence de breveter leur invention,
- vendre ultérieurement un brevet,
- préparer leur entrée sur un marché étranger,
- attirer des investisseurs, des employés ou des consommateurs (ceci est particulièrement vrai pour les petites entreprises).

³ Cela signifie par exemple que la recherche fondamentale sans intention commerciale sur une invention brevetée est possible et ne viole pas le brevet.

Il ne faut pas oublier non plus que de nombreuses entreprises innovantes ne prévoient pas de déposer une demande de brevet et qu'un grand nombre de brevets déposés ne sont pas utilisés par la suite (voir à ce sujet Blind et al., 2006; Sichelman & Graham, 2010; Torrisi et al., 2016; Hall, 2018; Hall et al., 2014). Diverses raisons peuvent amener une entreprise à ne pas opter pour le brevet pour protéger son invention :

- La valeur économique d'un brevet peut s'avérer faible lorsqu'il est aisé pour la concurrence de développer un produit rival ne nécessitant aucune licence de brevet parce qu'il contourne l'invention brevetée.
- L'entreprise ne souhaite pas divulguer son invention dans un fascicule, mais préfère garder le secret.
- Les coûts pour obtenir et défendre un brevet sont prohibitifs.
- Le progrès technique avance à un rythme effréné comparé au temps qu'il faut compter pour se voir délivrer un brevet.
- L'invention ne satisfait pas à toutes les conditions juridiques de brevetabilité.

Dans le secteur informatique, les entreprises utilisent parfois des droits de PI en vue de protéger des plateformes de logiciels face à la concurrence. Elles proposent un accès libre aux interfaces de programmation (Application Programming Interfaces, API) afin d'encourager des concepteurs de logiciels à développer des applications qui tournent sur leurs plateformes (p. ex. approche du système d'exploitation Android de Google pour les appareils mobiles). Les interviews conduites pour cette étude confirment en outre que certaines branches combinent maintien du secret et divulgation. Dans le domaine de l'ingénierie, associer les brevets à une stratégie visant à protéger les secrets d'affaires peut constituer un avantage compétitif décisif. Dans le domaine de l'électrotechnique, allier les brevets avec d'autres titres de propriété intellectuelle comme les designs ou avec le droit d'auteur est monnaie courante. Les brevets jouent certes un rôle central dans le secteur pharmaceutique, mais il existe également des situations où le maintien du secret est privilégié dans cette industrie (et dans d'autres), par exemple lorsqu'il est question de technologies de plateformes, et dans les cas où prouver une violation de brevet devant un tribunal pourrait s'avérer difficile. De plus, le fait de devoir divulguer l'invention dans le cadre de la demande de brevet peut avoir un impact sur le moment où l'entreprise la dépose.

- 3) Échange d'informations entre entreprises : les sociétés n'utilisent pas toujours les brevets pour exclure des concurrents, mais partagent parfois des informations avec d'autres entreprises pour introduire une technologie

Les logiciels open source offrent un cas d'école d'une combinaison de la PI (en l'occurrence, le droit d'auteur) et d'un partage soumis à des restrictions plutôt souples. Des sociétés de premier plan comme IBM et Google ont apporté depuis longtemps d'importantes contributions dans le domaine des logiciels open source. Elles ont également renoncé à défendre certains de leurs brevets pour tabler sur un « modèle de l'innovation ouverte »⁴. Dans le

domaine des logiciels open source, les droits de PI ne sont pas utilisés comme des droits de propriété permettant d'exclure la concurrence et de générer des profits. Certains consortiums industriels octroient un accès à des brevets essentiels à leurs membres et à d'autres parties. De tels paniers de brevets (patent pools) n'indiquent pas nécessairement un dysfonctionnement du système de PI, mais pointent simplement le fait qu'il existe des cas dans lesquels les titulaires de droits de PI décident de renoncer au contrôle individuel de ces droits parce qu'ils ont trouvé d'autres moyens, moins directs et potentiellement meilleurs, de réaliser des bénéfices.

Renoncer, du moins en partie, à la défense des droits de PI peut constituer une utilisation légitime et pertinente du système de PI en vue d'accélérer le transfert du savoir vers d'autres entreprises (da Silva, à paraître; Merges, 1996, 2004). Comme il ressort d'exemples du secteur informatique, il serait erroné d'opposer innovation ouverte (« open innovation ») et droits de PI, les deux approches étant souvent complémentaires dans la gestion des innovations. Selon Laursen & Salter (2014), les entreprises innovantes sont fréquemment appelées à interagir ouvertement avec de nombreux acteurs externes, tout en devant protéger leurs inventions pour dégager des revenus. Cette situation est qualifiée de « paradoxe de l'innovation ouverte » : si la création d'innovations a besoin d'ouverture, leur commercialisation nécessite une protection. Laursen & Salter (2014) analysent ce double mouvement de la gestion des innovations dans le cadre d'une étude empirique des entreprises innovantes britanniques. Il est à noter que les inventions brevetées ne sont pas obligatoirement des inventions « fermées » puisqu'elles peuvent voir le jour au sein d'un système d'innovation ouverte. Les brevets sont susceptibles d'encourager le transfert technologique entre entreprises innovantes (de Rassenfosse et al., 2016a) et peuvent ainsi activement soutenir un système d'innovation ouverte.

Dans certains secteurs, il semble qu'un flux d'informations libre entre concurrents soit un facteur de réussite important. L'étude empirique de pôles d'innovation régionaux comme la Silicon Valley donne à penser que la propension des employés à changer d'employeur, et le transfert des connaissances entre entreprises qui en résulte, ont contribué au succès de tels groupements régionaux (Saxenian, 1994; Gilson, 1999; Marx & Fleming, 2012; Marx et al., 2015). Des événements historiques montrent également que des pays avec différents niveaux de développement peuvent bénéficier d'un degré de protection de la PI faible (voir Moser, 2005, qui dresse le constat que, jusqu'en 1907, la Suisse ne disposait pas d'un système de brevet complet).

- 4) Problèmes de méthodologie pour fournir des preuves du lien de causalité

L'étude empirique des effets du système des brevets a longtemps été confrontée à des problèmes de méthodologie et au nombre limité de données disponibles (Cohen, 1989 : 1061). Grâce aux progrès réalisés récemment au niveau méthodologique, l'économie industrielle empirique est aujourd'hui en mesure de démontrer de manière appropriée la relation de cause à effet des interventions

⁴ Voir p. ex. l'Open Patent Non-Assertion Pledge de Google, www.google.com/patents/opnpledge/pledge.

étatiques (Angrist & Pischke, 2010).⁵ Plusieurs études ont par exemple analysé la question de savoir si une extension de la protection conférée par les brevets accroissait les investissements consentis dans la recherche (Sakakibara & Branstetter, 2001 ; Lerner, 2009 ; Budish et al., 2015). Certaines d'entre elles soulignent un certain impact positif sur le niveau d'investissement. Les études menées jusqu'ici ne peuvent cependant pas fournir de preuves concluantes d'un tel rapport de causalité, notamment en raison des données limitées dont on dispose (Williams, 2017).

D'autres études, qui comparent des inventions brevetées et non brevetées, brossent un tableau contrasté concernant l'effet des brevets sur les innovations qui en découlent. Galasso & Schankerman (2015) montrent que les brevets entravent les innovations en aval dans les secteurs industriels de l'informatique, de l'électronique et des produits médicaux, mais pas dans les domaines des médicaments, des produits chimiques et des technologies mécaniques. Sampat & Williams (2019) n'ont pas constaté, pour le domaine de la biologie, d'incidences notables des brevets sur les innovations de seconde génération. Les effets pourraient différer en fonction du secteur économique, de la taille de l'entreprise et d'autres caractéristiques (Williams, 2017). L'histoire aussi révèle une image hétérogène de l'impact du système des brevets sur l'innovation : au 19^e et au 20^e siècle, l'efficacité du système des brevets semble avoir beaucoup varié dans tous les secteurs économiques, et de nombreuses innovations ont vu le jour en dehors de celui-ci (Moser, 2016).

6.2.3 Les brevets sont-ils une source d'information ?

Lorsqu'un inventeur dépose un brevet, il doit décrire suffisamment son invention pour qu'une personne du métier puisse la reproduire. L'idée qui sous-tend la divulgation d'informations techniques est de permettre à d'autres inventeurs de s'informer des avancées technologiques en lisant les fascicules de brevets. Dans la pratique, les avis divergent quant à savoir si le système des brevets remplit effectivement cette fonction de divulgation et d'information.

Dans le cadre de plusieurs études, il a été demandé à des inventeurs s'ils connaissaient la littérature brevets citée dans leurs propres brevets afin d'analyser la fonction de divulgation du système des brevets. Cette question est importante, car de nombreuses citations de brevets sont ajoutées par des conseils en brevets et des examinateurs de brevets. Si les inventeurs ne connaissent pas les brevets les plus proches de leur invention dans leur domaine (et qui sont par conséquent cités dans leurs propres brevets), il paraît discutable de considérer que la littérature brevets leur permet véritablement d'étendre leur savoir. Or la conclusion inverse n'est pas nécessairement correcte non plus : le fait que des inventeurs connaissent certaines citations de brevets ne signifie pas qu'ils les aient mis à profit. Il se pourrait

qu'ils les aient découverts après avoir mis au point leur propre invention. Selon Jaffe et al. (2000) ainsi que Duguet et MacGarvie (2005), les inventeurs connaissent certains des brevets cités, mais la littérature brevets ne constitue pas, dans l'ensemble, la source principale d'information des inventeurs pour se tenir au courant de l'état de la technique.

Lisa Ouellette a suivi récemment une approche différente en interrogeant des chercheurs du domaine de la nanotechnologie. Sur les personnes sondées, 64 % avaient lu des fascicules de brevets et 70 % y recherchaient des informations techniques. 60 % des personnes qui ont lu les fascicules de brevets pour des motifs scientifiques (et non juridiques) y ont trouvé des informations techniques. Pour ces chercheurs, il semblerait que les brevets jouent, à un stade précoce, un rôle utile de divulgation. Ouellette souligne toutefois que la fonction de divulgation des brevets pourrait être considérablement améliorée (Ouellette 2015, 2017).

La majorité des représentants de l'industrie interviewés pour cette étude ont déclaré qu'ils disposaient de nombreuses possibilités pour se tenir au fait des évolutions récentes dans leur domaine (expositions commerciales, contact avec les universités, ingénierie inverse, etc.). De ces entretiens se dégage l'impression générale que, dans de nombreux secteurs, les fascicules de brevets ne constituent pas un outil important pour s'informer sur l'état de la technique. Les fascicules sont en outre difficiles à comprendre, du moins pour certains inventeurs.

Dans certains cas, le système des brevets permet cependant de divulguer efficacement l'état de la technique. Plusieurs interlocuteurs interrogés pour cette étude ont indiqué qu'ils consultaient régulièrement les demandes de brevets déposées dans leur domaine afin de rester informés des produits mis au point par la concurrence. Le cas d'une entreprise neuchâteloise est particulièrement intéressant à cet égard. Cette société suit de près la littérature brevets (et d'autres sources publiques) pour se tenir au courant des développements récents dans l'industrie horlogère et les communiquer à ses membres, ce qui leur permet de rester à la page. Dans cette branche, les fascicules de brevets constituent donc une source importante d'informations techniques.

6.2.4 Les brevets peuvent-ils entraver l'innovation ?

Après avoir analysé les avantages qu'apporte le système des brevets, on peut se demander s'il existe des situations dans lesquelles il serait susceptible d'entraver l'innovation. Sur un plan théorique, il présente potentiellement divers inconvénients, dont six seront décrits en détail ci-après : 1) inefficiences statiques résultant d'un monopole ; 2) inefficiences dynamiques dans le cadre de processus cumulatifs d'innovation ; 3) généralisations inefficaces dans le système des brevets ; 4) comportement stratégique des détenteurs de brevets ; 5) coûts de fonctionnement du système des brevets ; 6) éventuelles répercussions négatives du système des brevets sur les universités.

⁵ Parmi ces méthodes figurent les analyses d'événements, la méthode des doubles différences, la régression sur discontinuité et la méthode de variables instrumentales. Ces méthodes sont de plus en plus utilisées pour analyser le système des brevets.

1) Inefficiences statiques résultant d'un monopole

Le détenteur d'un brevet est en position d'exiger un prix supérieur au prix hypothétique qui se serait formé sur un marché concurrentiel. L'analyse économique des monopoles révèle que des prix au-dessus du niveau concurrentiel sont susceptibles d'induire des coûts sociaux.

Le monopole en sciences économiques

En économie classique, on parle de monopole lorsqu'un bien spécifique est entre les mains d'un seul acteur du marché. À la différence d'un vendeur agissant sur un marché de concurrence parfaite, le monopoleur n'est pas limité par des rivaux dans la fixation du prix de son bien; il le fixe au-dessus de ses coûts marginaux pour maximiser ses bénéfices. Les consommateurs paient par conséquent un prix plus élevé que celui qui se serait formé sur un marché de concurrence parfaite. En réalité, les monopoles purs sont rares, tout comme les marchés de concurrence parfaite; la simple menace de nouveaux venus sur le marché peut en effet pousser les monopoleurs à baisser leurs prix. Caractérisés par des prix supérieurs, les marchés monopolistiques excluent certains consommateurs qui seraient disposés à acheter la marchandise à un prix du marché plus bas, mais pas au prix de monopole. Les quantités de marchandises vendues par le monopoleur sont dès lors plus faibles. Cette perte de prospérité (deadweight loss) imputable à un monopole est donc une défaillance du marché.

Les brevets n'entraînent pas tous un monopole au sens économique du terme. Tant qu'il y a des produits de substitution proches du produit ou du procédé breveté, un brevet n'entraîne pas la création d'un monopole. En revanche, si ces derniers font défaut, il est susceptible de provoquer des pertes de prospérité. Un produit breveté permet en effet à son inventeur d'exiger un prix supérieur à celui du marché, ce qui induit une baisse du nombre de consommateurs prêts à l'acheter. Si les brevets peuvent occasionner des coûts sociaux d'un point de vue statique, cela ne signifie pas pour autant qu'il faille les supprimer. Comme expliqué ci-dessus, en l'absence d'un régime des brevets, l'invention n'aurait en effet peut-être jamais vu le jour, ce qui aurait des conséquences encore bien plus graves en termes de bien-être que la perte sèche causée par un monopole.

On ne peut dès lors conclure de l'analyse des monopoles appliquée au système des brevets qu'il conviendrait d'abolir ce dernier. L'analyse montre simplement que les brevets devraient être limités tant au niveau de leur étendue que de leur durée de protection. Un régime trop fort est en effet susceptible de porter préjudice aux consommateurs et à la société dans son ensemble. L'analyse révèle également à quel point il importe que la procédure de délivrance des brevets présente une qualité suffisante. Lorsque des inventions triviales sont brevetées, le système des brevets ne se justifie plus, car il ne remplit pas sa fonction première d'inciter à innover. Sous l'angle de la prospérité économique également, il faudrait dans l'idéal que des brevets ne soient délivrés qu'aux

seules inventions qui ont pu être développées grâce aux brevets. Lorsqu'une invention aurait de toute façon vu le jour, il ne paraît pas légitime, économiquement parlant, de faire supporter des coûts aux consommateurs sous forme de prix de monopole. Si les brevets portant sur des inventions triviales permettent de dégager des bénéfices plus élevés, ils ne contribuent par ailleurs à aucune augmentation du bien-être. Vu l'impossibilité, dans la pratique, de distinguer les inventions triviales des non triviales, le droit des brevets définit un degré d'inventivité qu'une invention doit remplir pour pouvoir bénéficier d'une protection.

Les systèmes de brevets dans lesquels abondent les inventions de faible qualité peuvent nuire à la prospérité générale (de Rassenfosse et al., 2016b). Des études empiriques récentes ont relevé la part substantielle de brevets délivrés par les offices mais qui sont révoqués par la suite (Henkel & Zischka, 2018, Weatherall & Jensen, 2005, ainsi que Helmers & McDonagh, 2013), ce qui suggère que certains offices des brevets engorgent le système avec un nombre trop élevé de brevets de peu de valeur. Des différences notables entre les divers offices sont toutefois notées (de Rassenfosse et al., 2016b).⁶ Plusieurs participants à cette étude se sont montrés eux aussi critiques envers le système des brevets actuel: de leur point de vue, le nombre de brevets délivrés ne créant aucune valeur durable et surchargeant le système serait trop important.

2) Inefficiences dynamiques dans le cadre des processus cumulatifs d'innovation

Les inefficiences dynamiques constituent un autre type de désavantage que peut présenter le système des brevets. Le régime des brevets a des répercussions sur les consommateurs qui souhaitent profiter d'une invention, mais aussi sur les autres chercheurs désirant s'appuyer sur l'invention brevetée pour la développer. Par rapport à un monde sans brevets, ceux-ci accroissent les coûts des inventeurs successifs puisque ces derniers ont besoin d'une licence de l'inventeur original pour réaliser des recherches d'amélioration. Dans le cas des technologies cumulatives s'appuyant sur un grand nombre de brevets existants, les coûts de licence peuvent vite devenir exorbitants. Il s'agit tant de coûts monétaires (sous forme de redevances de licences) que de coûts de transaction (p. ex. identification de l'inventeur original et négociations contractuelles).⁷

Dans l'aménagement d'un régime optimal, il convient dès lors de trouver un équilibre entre inefficiences statiques et inefficiences dynamiques. Cet équilibre est particulièrement important dans les domaines caractérisés par des processus cumulatifs d'innovation. D'un point de vue statique, un régime des brevets fort peut sembler souhaitable car il permet de créer des incitations à innover. D'un point de vue dynamique, il paraît au contraire plus judicieux de

⁶ À l'aide de données relatives à des procédures d'opposition, Henkel et Zischka (2018) estiment que près de 80 % des brevets entrés en vigueur en Allemagne sont non valables. D'autres études obtiennent des taux plus faibles (p. ex. Weatherall et Jensen, 2005, ainsi que Helmers et McDonagh, 2013), mais qui se situent toujours au-dessus de 50 %.

⁷ Pour faire face à la fragmentation excessive des brevets entre divers agents du marché, certains secteurs ont créé ce qu'on appelle des pools de brevets, voir p. ex. Shapiro (2000).

limiter la protection conférée par le brevet afin de réduire la charge pesant sur les inventeurs successifs (Scotchmer, 1991). Restreindre la protection de la PI peut aussi paraître judicieux dans une perspective de croissance macro-économique, car un brevet trop fort est susceptible de freiner la croissance économique (Acemoglu & Akcigit, 2012).

Un problème similaire concerne les inventions de deuxième génération s'appuyant sur une invention brevetée, sans qu'une licence ait été octroyée. Il existe différents cas dans lesquels une invention brevetée n'est pas disponible pour un autre inventeur qui souhaite poursuivre des recherches de perfectionnement. Soit le titulaire du brevet original décide de ne pas octroyer de licences (voire de ne pas utiliser le brevet et par conséquent d'étouffer de facto la technologie, voir Tyler 2014), soit les inventeurs en aval, qui sont intéressés par l'invention brevetée, ne concluent pas d'accord de licence avec lui pour des raisons de concurrence. Dans ces cas, le fait que l'invention brevetée originale ne soit pas utilisée de manière effective peut s'avérer problématique ou, au contraire, propice à l'émergence de nouvelles inventions et à l'accroissement de la diversité technique, puisque la concurrence se voit contrainte de développer de nouvelles solutions techniques afin de contourner les inventions brevetées qui n'ont pas donné lieu à l'octroi de licences (Buccafusco et al., 2017).

Innovations proches de brevets existants

Le marché des installations à haute tension est un bon exemple. L'entreprise suisse ABB fabrique des appareillages haute tension étanches au gaz. On utilise à cet effet un mélange gazeux pour l'isolation et l'interruption des arcs électriques. Auparavant, le gaz d'isolation utilisé était le SF₆. Ce dernier étant un gaz à effet de serre très puissant, il a fallu trouver un produit de remplacement. En collaboration avec l'entreprise 3M, ABB a développé la fluorocétone grâce à laquelle elle a obtenu plus d'une centaine de brevets protégeant l'utilisation de ce nouveau mélange gazeux pour les installations à haute tension. La concurrence avait donc le choix entre acheter des licences de brevets à ABB ou développer des solutions alternatives qui ne s'appuient pas sur les inventions brevetées par l'entreprise helvétique. Avec le temps, les rivaux d'ABB sont parvenus à inventer des commutateurs haute tension qui ne sont pas à base de fluorocétone et qui sont tout aussi respectueux de l'environnement. De telles inventions visant à contourner des brevets existants peuvent d'une part favoriser le progrès technique et d'autre part accroître la gamme des solutions apportées à un problème technique.

3) Généralisations inefficaces dans le système des brevets

Un troisième inconvénient potentiel du système des brevets réside dans les généralisations (ou l'absence de généralisations) qui les caractérisent. D'ordinaire, le droit des brevets ne fait pas la distinction entre secteurs industriels et domaines technologiques. La durée, l'étendue et l'application des brevets sont identiques dans toutes les branches.

Il existe toutefois plusieurs exceptions à cette règle. Dans le secteur pharmaceutique, les certificats complémentaires de protection, tout comme la protection des données et de la mise sur le marché, peuvent conduire de facto à une prolongation de la durée de protection du brevet. En principe, les idées abstraites ne sont pas brevetables en soi. La Convention sur le brevet européen (CBE) exclut dès lors de la brevetabilité les nouvelles méthodes d'affaires. Des arrêts récents de la Cour suprême des États-Unis ont aussi fortement restreint la possibilité de breveter des méthodes d'affaires.⁸ Dans le secteur de l'informatique, la CBE exclut les programmes d'ordinateur de la brevetabilité. Ils sont toutefois admis à la protection si leur contribution technique va au-delà de l'interaction physique normale entre programme (logiciel) et ordinateur (matériel).

En dehors de telles réglementations spéciales, le système des brevets n'opère pas de distinction, dans l'ensemble, entre les diverses technologies ou branches économiques. Dans l'idéal, il devrait proposer des incitations différentes en fonction des secteurs industriels. Les tribunaux ont certes introduit dans le droit des brevets des différences sectorielles (Burk & Lemley, 2009; van Overvalle, 2011), mais le système des brevets n'a pas encore trouvé un niveau de différenciation optimal. Quelques représentants de l'industrie interviewés pour cette étude ont également plaidé en faveur d'un système des brevets davantage axé sur les besoins spécifiques des divers secteurs économiques. En guise d'exemple, on peut citer le domaine pharmaceutique. Même si l'on tient compte de la prolongation de la durée de protection grâce aux certificats complémentaires de protection, la durée effective de protection d'un médicament peut se réduire de plusieurs années en raison de dispositions du droit des médicaments. La protection sera donc plus courte par rapport à celle dont bénéficie l'industrie des machines.

Savoir si le système des brevets doit être modulé en fonction des branches demeure cependant une question controversée. Certains participants à l'étude se sont montrés réticents. De leur point de vue, il serait très difficile d'introduire dans le droit des brevets des différenciations par domaines technologiques qui soient aisées à mettre en œuvre et à faire appliquer. D'autres ont également souligné que le système actuel des brevets adopte déjà d'une certaine façon une approche individualisée aux divers secteurs. Dans les branches proposant des produits caractérisés par des cycles de vie courts, les inventions deviennent rapidement obsolètes. Les brevets revêtent dès lors une valeur économique moindre, ce qui contribue de fait à une disparité de la durée du brevet entre les secteurs économiques.

4) Comportement stratégique des détenteurs de brevets

Les éventuels comportements stratégiques abusifs constituent un autre problème. Un régime trop fort peut être à l'origine d'une course aux brevets: les entreprises investissent de manière excessive dans la R-D pour être les premières à obtenir un brevet. Cela conduit

⁸ *Bilski v. Kappos*, 561 U.S. 593 (2010), *Alice Corp. v. CLS Bank Int'l*, 573 U.S. 208 (2014).

à une duplication des investissements dans la recherche et le développement, ce qui peut s'avérer absurde d'un point de vue économique global. Dans les branches où le développement de nouveaux produits requiert de négocier des licences pour un grand nombre de brevets existants qui se chevauchent (typiquement dans le secteur informatique), il arrive que des feuillets de brevets (patent thickets) se forment et entraînent un effondrement des marchés des licences en raison de coûts de transaction exorbitants, de la multiplication des accords de licences croisés (royalty stacking) et de comportements stratégiques. Les paniers de brevets peuvent avoir différents effets sur la concurrence. Ce qu'on appelle les chas-seurs ou les trolls de brevets défendent des brevets bien au-delà de leur valeur réelle sans produire eux-mêmes aucun bien ni service.

Il n'est pas possible d'entrer dans le détail de la signification empirique et des incidences sociétales de tels phénomènes (voir p. ex. Comino et al., 2019) dans le cadre de cette étude. Mais il n'est pas surprenant que les entreprises utilisent le système des brevets pour promouvoir leurs propres intérêts d'une manière qui ne concorde peut-être pas avec l'intérêt général de ce même système en tant que moteur de l'innovation pour l'ensemble de la société. C'est pourquoi le régime des brevets doit faire l'objet d'adaptations et d'ajustements permanents pour pouvoir faire face aux influences dommageables du comportement stratégique adopté par les entreprises.

5) Coûts de fonctionnement du système des brevets

Le système des brevets comporte potentiellement un cinquième type de désavantage, qui est celui des coûts générés par son fonctionnement. En principe, ce sont les titulaires de brevets et parfois la partie défenderesse qui supportent les frais de procédures pour violation de brevet. Les taxes payées à l'Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle (IPI) par les titulaires pour le maintien d'un brevet jusqu'à son échéance représentent moins de 10 000 francs. La taxe de dépôt se monte à 200 francs, les taxes de recherche et d'examen à 1000 francs au minimum. Les honoraires perçus par un conseil en brevets varient considérablement en fonction de la complexité de la technologie à protéger. Selon une estimation générale, il faut compter entre 5000 et 15 000 francs pour une demande de brevet. Les coûts relatifs à la défense d'un brevet, quant à eux, peuvent atteindre plusieurs centaines de milliers, voire, dans les cas complexes et de longue haleine, des millions de francs suisses. Les coûts de défense du droit dépendent de l'ordre juridique du pays concerné; ils sont particulièrement élevés aux États-Unis par exemple.

Les représentants des petites ou grandes entreprises industrielles interviewés pour cette étude ont souvent souligné que le système des brevets est prohibitif et dissuade parfois les petites entreprises de breveter leurs innovations. Lorsque l'on souhaite protéger une invention dans plusieurs pays connaissant des ordres juridiques différents, les taxes perçues par les offices des brevets et les honoraires d'avocats se cumulent. Il est fréquemment renoncé à défendre un brevet devant un tribunal pour des raisons de coûts. De plus, le système des brevets s'avère très complexe et difficile à comprendre pour les entreprises qui n'ont encore jamais eu affaire à lui.

La façon dont le système est aménagé a une incidence directe sur ses coûts de fonctionnement. L'IPI ne conduisant pas d'examen complet des demandes de brevets (voir encadré « Différentes voies conduisant à un brevet en Suisse »), la Suisse est en mesure d'offrir un système des brevets relativement léger. Les partenaires interrogés étaient partagés quant à savoir si le système suisse des brevets devrait passer à un examen complet. Selon les partisans, il pourrait en découler les avantages suivants :

- réduction du nombre de brevets de mauvaise qualité déposés de manière opportuniste au sens où les inventions auraient vu le jour même en l'absence du système des brevets ;
- amélioration de la réputation du système suisse des brevets ;
- possibilité pour la Suisse de proposer une procédure de délivrance des brevets plus rapide que celle de l'OEB ;
- intégration plus aisée dans le système suisse des brevets des patent boxes acceptées sur le plan international et qui seront introduites dans le droit fiscal suisse dans un futur proche ; et
- possibilité pour les PME d'en profiter étant donné qu'il est parfois trop cher pour ces entreprises de déposer un brevet auprès de l'OEB.

D'autres interlocuteurs, quant à eux, ne voient pas la nécessité de passer à un examen complet. De leur point de vue :

- il est déjà possible aujourd'hui d'obtenir un brevet ayant fait l'objet d'un examen complet et qui prend effet en Suisse via la procédure de délivrance des brevets auprès de l'OEB ; la nouveauté et l'activité inventive de plus de 90 % des brevets prenant effet en Suisse ont en pratique été vérifiées ;
- l'instauration d'un examen complet est contraire à la tendance qui se dessine dans certains autres pays, depuis l'introduction d'un examen complet par l'OEB, de créer des titres de protection nationaux non examinés ;
- l'IPI et les conseils en brevets suisses poursuivent vraisemblablement leur propre intérêt ;
- la mise en place d'un système d'examen de qualité est onéreuse et soulève des questions sur le rapport coûts/bénéfices ;
- déposer un brevet auprès de l'IPI n'est pas prioritaire pour certaines entreprises tournées vers les marchés internationaux.

La défense des brevets est un autre facteur de coût inhérent au système des brevets. D'après certains participants à cette étude, les litiges sont souvent coûteux et fastidieux. Il peut arriver qu'une opposition soit formée a posteriori contre un brevet déposé auprès de l'OEB et validé en Suisse, qu'un recours soit interjeté contre la décision sur opposition et, lorsque le brevet est maintenu par l'OEB, que des litiges puissent survenir au niveau national. L'ensemble de la procédure visant à déterminer si un brevet est applicable peut durer jusqu'à dix ans à compter de sa délivrance, selon un partenaire interviewé. Un autre interlocuteur mentionne que le Tribunal fédéral des brevets instauré en 2012 est susceptible d'accroître l'attractivité de la Suisse comme plaque tournante de la PI. De son point de vue, le Tribunal devrait se positionner en rendant des arrêts rapides et fiables que les parties pourraient utiliser pour le règlement de leurs différends dans d'autres pays.

6) Éventuelles répercussions négatives du système des brevets sur les universités

Les répercussions sur les universités constituent un sixième type de désavantage potentiel présenté par le système des brevets. Dans le monde entier, la possibilité pour les chercheurs d'obtenir un brevet pour protéger leurs inventions a augmenté les attentes envers les universités en termes de gestion de leur portefeuille de brevets et de recherche de nouvelles sources de financement. Les partenaires interrogés pour cette étude ont cependant souligné que, de l'avis des centres universitaires de transfert de technologies, leur rôle principal n'est pas d'apporter une contribution essentielle au budget des hautes écoles. Certaines universités américaines prestigieuses dégagent certes des revenus considérables grâce aux licences de brevet, mais ces recettes proviennent souvent d'un ou deux brevets sur des blockbusters et non pas d'un large portefeuille de brevets. De plus, les chercheurs qui se concentrent sur la recherche fondamentale sont souvent à mille lieues de considérations de commercialisation et de brevetabilité.

C'est pourquoi les revenus issus des licences ne constituent généralement pas une source stable et significative de flux financiers pour les universités. Compte tenu de la difficulté de faire des prévisions sur les activités de concession de licences, un interlocuteur a comparé le financement des universités par les revenus liés aux brevets à une loterie. De nombreux centres de transfert de technologies universitaires en Europe et aux États-Unis sont d'ailleurs déficitaires. Leur mission réside dans le soutien du transfert des connaissances des universités dans la société, le conseil de jeunes entrepreneurs et de start-up et la facilitation de la collaboration entre les universités, les PME et les FMN. S'il est évident que les contenus scientifiques figurent au cœur de l'activité des chercheurs des universités de recherche, il demeure néanmoins essentiel de les doter des instruments indispensables à la conversion de leurs inventions en produits innovants.

6.2.5 État actuel

Si les arguments théoriques de fond invoqués pour justifier le système des brevets sont connus depuis longtemps, il est peu aisé de les vérifier empiriquement. Il y a 60 ans, l'économiste Fritz Machlup a écrit ces mots devenus célèbres dans un rapport à l'intention du Congrès américain :

« Aucun économiste ne peut affirmer avec certitude en l'état actuel des connaissances que le système des brevets tel qu'il opère aujourd'hui, se traduit par un bénéfice net ou une perte sèche pour la société. [...] Si ce système n'existait pas, il serait irresponsable, sur la base de ce que nous savons de ses conséquences économiques, de recommander d'en instituer un. Mais comme nous en avons un depuis longtemps, il serait irresponsable, sur la base de ce que nous savons, de recommander sa suppression. » (Machlup, 1958).

Même 60 ans plus tard, la littérature scientifique spécialisée n'est pas en mesure de donner une réponse définitive à la question de savoir si le système des brevets favorise la prospérité sociale. Certains universitaires ont un avis tranché sur le sujet, que ce soit pour ou contre le système des brevets (voir p. ex. Haber, 2016 et Boldrin & Levine, 2013). Les preuves empiriques solides demeurent néanmoins insatisfaisantes. Heidi Williams, une économiste du MIT, a souligné dans un récent tour d'horizon de la littérature spécialisée qu'« au fond nous ne disposons d'aucune preuve empirique crédible sur la question, simple en apparence, de savoir si des brevets plus solides – des durées de protection plus longues ou des droits plus étendus – stimulent les investissements de recherche dans le développement de nouvelles technologies » (Williams, 2017).

Cela ne signifie pas pour autant qu'il faille abolir le système actuel des brevets ou le soumettre à une réforme radicale. L'état lacunaire des données disponibles peut également tenir au fait que

- les données qui seraient nécessaires pour répondre à la grande question des bénéfices du système des brevets n'existent pas ou ne sont pas accessibles aux chercheurs indépendants ;
- les méthodes de recherche disponibles pour déterminer le lien de causalité entre les interventions des pouvoirs publics et les résultats économiques sont lacunaires ;
- en pratique, il n'est pas possible de réaliser une analyse générale de la prospérité sous l'angle du système des brevets, car ses effets varient probablement très fortement en fonction des secteurs, de l'époque, des pays, des ordres juridiques et de nombreux autres facteurs. Une telle analyse est en outre compliquée par le fait que l'utilisation du système des brevets a, en soi, des incidences sur la pénétration du marché, le tissu industriel et le progrès technique.

Reste l'impression que dans des secteurs importants comme les sciences de la vie, il existe des arguments convaincants en faveur du système des brevets comme moteur de l'innovation et par conséquent de la prospérité sociale. Diverses raisons font que les sciences de la vie (secteur pharmaceutique y compris) peuvent tout spécialement profiter du système des brevets par rapport à d'autres branches. Premièrement, les coûts de R-D sont particulièrement élevés dans ce secteur, de sorte que les instruments de financement des coûts d'investissement revêtent une importance capitale. Deuxièmement, les médicaments sont en principe des produits indépendants présentant un lien clair entre un brevet (ou un nombre limité de brevets clairement définis) et un médicament. Troisièmement, les processus cumulatifs d'innovation jouent un rôle moindre dans ce secteur que dans d'autres branches et concerne un nombre limité d'entreprises. Certaines répercussions dommageables potentielles du système des brevets ont peut-être de ce fait un impact plus faible.

Comme indiqué précédemment, les incidences positives du système des brevets dans une branche ne sont pas forcément transposables dans un autre secteur économique. Aussi la politique de l'innovation dispose-t-elle de plusieurs instruments pour promouvoir les activités novatrices. C'est pourquoi la politique des

brevets sera amenée, à l'avenir également, à évoluer dans un environnement dans lequel les preuves empiriques solides sur son efficacité sont limitées. Compte tenu du degré d'harmonisation des systèmes des brevets nationaux, de nombreuses conclusions auxquelles a abouti le débat scientifique sur les bénéfices du système des brevets mené à un niveau international peuvent servir de référence à la Suisse. Notre pays dispose cependant de peu de données.⁹

6.3 Données quantitatives: la Suisse, leader mondial dans le domaine de la technologie

Ce chapitre présente des données permettant d'illustrer deux aspects du système suisse des brevets.¹⁰ Premièrement, les activités de brevetage et de recherche en Suisse sont dominées par une série d'entreprises à forte dimension internationale. Notre pays est considéré comme une petite économie ouverte, réalité qui se reflète également dans les données de brevets. Deuxièmement, la Suisse est un pays innovant à la pointe de la recherche. Le rôle moteur qu'elle joue dans le domaine des nouvelles technologies transparaît également dans les données de brevets.

Ces deux aspects sont essentiels pour comprendre la place qu'occupent les brevets en Suisse. Les entreprises innovantes étant très tournées vers l'international, leur stratégie de brevetage est généralement globale. Le système suisse des brevets à lui seul n'a dès lors que peu d'influence sur les activités de recherche des entreprises suisses et sur les incitations dans ce domaine. L'importance que revêtent les brevets suisses et étrangers pour les entreprises helvétiques vient confirmer que la Suisse est un chef de file en matière d'innovation.

6.3.1 Brevets et mesure de l'innovation: remarques préalables

Avant de nous consacrer à ces deux aspects, il est utile de rappeler que la prudence est de mise lorsqu'on analyse l'innovation à partir de données de brevets. L'innovation peut être mesurée essentiellement de deux façons: 1) en amont (à la source) au moyen de données indiquant la part de nouveaux produits au chiffre d'affaires ou le nombre de brevets déposés par une entreprise ou 2) en aval (impact de l'innovation) à l'aide de données permettant de mesurer la qualité de vie dans une société, tel que l'allongement

de l'espérance de vie.

Le brevet protège une invention; à ce titre, il peut être considéré comme une étape entre la phase de recherche et de développement, située en amont du processus d'innovation, et l'innovation en tant que telle. Plusieurs personnes interrogées pour cette étude se sont montrées critiques à l'égard des mesures empiriques des activités d'innovation à partir de données de brevets. Selon elles, une invention brevetée ne débouche pas nécessairement sur un produit économiquement rentable. Par ailleurs, il n'existe pas de lien direct entre brevets et innovation. En effet, une innovation peut être protégée par plusieurs brevets et un brevet peut se référer à plusieurs innovations. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que, dans l'ensemble, la délivrance d'un brevet est un événement rare. Peu d'entreprises déposent des brevets, mais lorsque c'est le cas, elles le font généralement en grand nombre.

Les graphiques C 6.1 et C 6.2 permettent de se faire une idée des activités de brevetage d'entreprises suisses. Les données sont issues du rapport «Entwicklung der Innovationsaktivitäten in der Schweizer Wirtschaft 1997–2014» (Arvanitis et al., 2017b); elles révèlent le pourcentage d'entreprises indiquant avoir déposé au moins un brevet pendant la période considérée (1997–1999 à 2012–2014). Il ressort du graphique C 6.1 que 20 à 25 % des sociétés suisses déposent des brevets dans les secteurs de la haute technologie; elles ne sont plus que 5 à 10 % dans d'autres secteurs technologiques et 0 à 5 % dans celui des services. Le graphique C 6.2 montre que ce sont les grandes firmes qui déploient la plus forte activité de brevetage (20 à 25 %); elles sont suivies par les PME (près de 10 %) et les toutes petites entreprises (moins de 5 %).

6.3.2 Forte dimension internationale des entreprises «suisses»

Pour décrire la dimension internationale de détenteurs suisses de brevets, ce chapitre examine deux critères: d'une part, la provenance des inventeurs et, d'autre part, l'utilisation des systèmes de brevets étrangers. L'analyse se limite aux plus gros détenteurs de brevets.

Provenance des inventions d'entreprises suisses

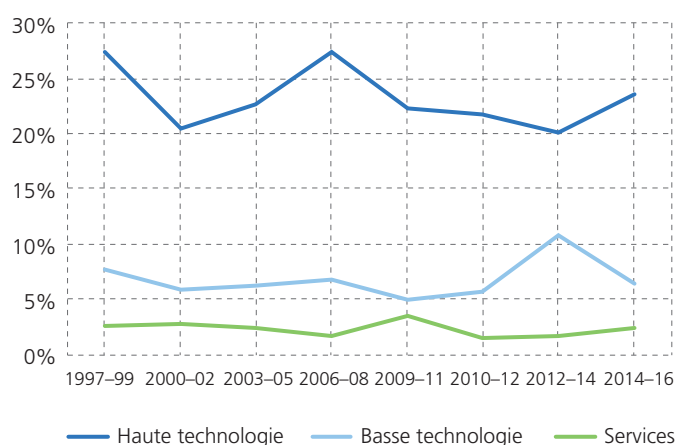
Le Tableau C 6.1 présente un aperçu des portefeuilles de brevets de gros détenteurs suisses de brevets (plus de 100 brevets actifs). Il regroupe 65 FMN, trois universités (EPFL, EPFZ et Université de Zurich) ainsi que deux institutions de recherche et de développement (CSEM et Institut Paul Scherrer).

Il est très difficile d'établir la «nationalité» d'une FMN vu que ces entreprises sont, en raison de leur nature même, globales. Prenons l'exemple de la société STMicroelectronics. Fondée aux Pays-Bas, STMicroelectronics a son siège à Genève et est cotée aux bourses Euronext, BIT et NYSE. La société est née de la fusion des entreprises SGS Microelettronica (Italie) et Thomson Semiconducteurs (France), toutes deux des fabricants de semi-conducteurs.

Le tableau présente une liste de sociétés dont le siège se trouve

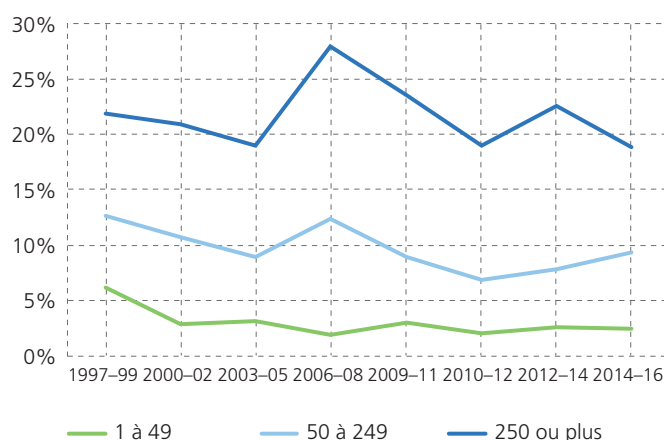
⁹ Radauer & Streicher (2008), Keupp et al. (2009) et Friesike et al. (2009) proposent des études intéressantes sur l'utilisation de la PI par les PME suisses. Les chapitres 8 et 13 de la partie B du présent rapport présentent quelques données statistiques sur les habitudes de dépôt dans le système suisse des brevets. Pour d'autres études, voir Arvanitis et al. (2015), Arvanitis et al. (2017b), Chatagny et al. (2017) ainsi que Moser (2005).

¹⁰ Sauf indication contraire, les données présentées dans ce chapitre ont été collectées au moyen du logiciel d'analyses de brevets «Patent Sight». Jochen Spuck et Christian Moser de l'IPI ont été d'une aide précieuse pour l'obtention des données brutes.

Graphique C 6.1 : Intensité des brevets à la marge extensive en fonction de l'intensité de R-D des entreprises

Pourcentage de sociétés suisses qui indiquent avoir déposé au moins un brevet pendant la période considérée.

Source : Arvanitis et al. (2017), analyse Bechtold et de Rassenfosse

Graphique C 6.2 : Intensité des brevets à la marge extensive en fonction du nombre d'employés

Pourcentage de sociétés suisses qui indiquent avoir déposé au moins un brevet pendant la période considérée.

Source : Arvanitis et al. (2017), analyse Bechtold et de Rassenfosse

en Suisse et de déposants qui détenaient plus de 100 brevets actifs en avril 2018. Ces brevets n'ont pas tous été nécessairement déposés en Suisse. Aux fins du présent rapport, on entend donc par FMN suisse une entreprise qui détient plus de 100 brevets actifs et qui a son siège en Suisse.

La qualité et la valeur économique des brevets sont très variables (p. ex. Griliches, 1990). Si certaines inventions sont révolutionnaires, d'autres satisfont à peine au critère de l'activité inventive, condition légale exigée pour l'octroi d'un brevet. Certaines inventions permettent ainsi de générer des gains financiers considérables tandis que d'autres sont à l'origine de pertes d'argent.

Les valeurs figurant dans les troisième et quatrième colonnes du tableau C 6.1 indiquent la taille des portefeuilles de brevets des FMN suisses considérées (comptage simple et nombre pondéré). Le nombre pondéré de brevets est celui fourni par le Patent Asset Index, une méthode de mesure développée par Patent Sight (Ernst & Omland, 2011).¹¹ Il correspond à la valeur totale des brevets d'un portefeuille en tenant compte de la pertinence technologique et du taux de couverture du marché des familles de brevets actifs du portefeuille. Une famille de brevets est constituée de brevets voisins protégeant une même invention (voir Martínez 2010 pour les détails). Lorsqu'elle est constituée de brevets qui bénéficient d'une protection juridique dans beaucoup de pays (mesure de la couverture territoriale) et qui sont cités très souvent dans des demandes de brevets ultérieures (mesure de la pertinence technologique), la famille de brevets se voit attribuer une valeur élevée dans le Patent Asset Index.

Les pourcentages figurant dans la dernière colonne du tableau C 6.1 indiquent la proportion des inventions brevetées, sur l'ensemble du portefeuille, qui ont été effectivement développées en Suisse. Le pays dans lequel une invention a été réalisée se déduit approximativement du domicile de l'inventeur indiqué dans le fascicule du brevet. La prudence est néanmoins de rigueur, ce lieu n'étant pas toujours consigné correctement. De plus, le pays de résidence de l'inventeur n'est pas nécessairement celui dans lequel l'activité inventive a réellement eu lieu (p. ex. dans le cas des frontaliers). Le domicile de l'inventeur donne toutefois une indication sommaire de la localisation du titulaire du brevet. Pour la plupart des 65 FMN énumérées dans le tableau, la majorité des inventions brevetées ont été développées à l'étranger.

¹¹ Patent Sight est une plateforme en ligne d'analyse des brevets contenant des données harmonisées sur les offices de brevets du monde entier. Voir <https://www.patentsight.com/en-us/about-patentsight>. Elle est similaire à d'autres services comme Derwent Innovation.

Tableau C 6.1 : Activités de brevetage de FMN suisses et d'autres gros détenteurs de brevets

Nom du déposant	Secteur	Taille du portefeuille	Patent Asset Index	Proportion des inventions développées en Suisse
STMicroelectronics	Électronique	9697	9587	0,8 %
ABB	Installations électriques	7435	14 016	23,0 %
Roche	Produits pharmaceutiques	6325	29 960	31,0 %
TE Connectivity	Électronique	4803	9324	0,4 %
Novartis	Produits pharmaceutiques	4092	19 039	31,8 %
Nestlé	Transformation alimentaire	2879	13 850	59,2 %
Endress+Hauser	Instruments de mesure	2614	5214	27,4 %
Swatch	Horlogerie	2566	4621	93,1 %
Tetra Laval	Solutions d'emballage, de transformation et de distribution	2192	5126	14,1 %
Syngenta (aujourd'hui : ChemChina)*	Produits chimiques	910	5610	37,69%
Liebherr	Production industrielle	1645	2227	2,9 %
Clariant	Produits chimiques	1258	3197	4,7 %
Schindler Holding	Production industrielle	1122	4168	74,9 %
OC Oerlikon	Ingénierie et construction	893	1943	27,0 %
Sonova	Produits médicaux	866	1561	54,0 %
Kudelski	Télévision numérique	760	1760	45,4 %
Sika AG	Produits chimiques	738	1792	61,9 %
Groupe Rehau	Plastiques	678	639	1,5 %
Rieter Holding	Machines textiles	672	1207	44,9 %
Ineos	Produits chimiques	655	1377	3,2 %
Lonza	Produits chimiques	633	1565	22,0 %
Sulzer AG	Ingénierie et production industrielles	577	499	47,8 %
Bucher Industries	Machines	549	693	5,5 %
EPFL	Université	526	1850	99,6 %
Logitech	Périphériques électroniques	443	870	38,6 %
EPFZ	Université	426	1193	98,4 %
Cie Richemont	Management	424	348	64,9 %
Garmin	Technologie	399	885	0,0 %
Firmenich	Parfums et arômes, ingrédients	396	912	77,5 %
Givaudan	Parfums et arômes	391	1078	47,1 %
Georg Fischer AG	Production industrielle	340	494	47,9 %
Landis+Gyr	Électronique	332	698	9,3 %
SICPA Holding	Encres de sécurité	331	1468	61,3 %
Swiss Krono Group	Matériaux en bois	301	890	34,2 %
Buehler Group	Ingénierie de processus	300	511	48,0 %
Geberit	Fabrication de composants sanitaires	298	335	80,5 %
Staeubli Holding	Mécatronique	294	778	13,3 %
Credit Suisse	Prestations financières	294	572	0,7 %
LafargeHolcim	Matériaux de construction	292	721	20,2 %
Omya AG	Produits chimiques	290	2550	79,7 %
Fondation Hoerbiger	Machines	285	505	1,1 %
Bobst Group	Machines	284	605	62,0 %
Metall Zug	Machines	270	385	85,9 %
Walter Reist Holding AG	Production et services	261	473	99,2 %
Université de Zurich	Université	251	689	97,2 %

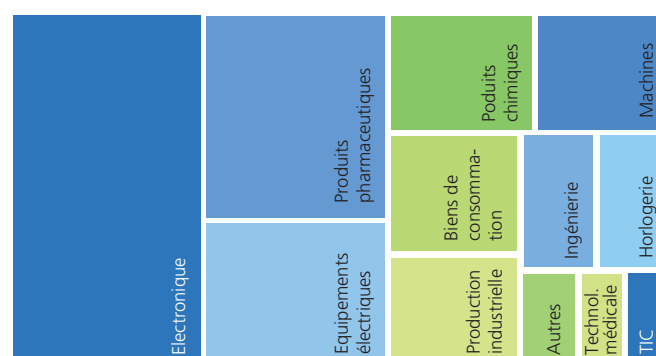
Nom du déposant	Secteur	Taille du portefeuille	Patent Asset Index	Proportion des inventions développées en Suisse
Casale	Produits chimiques	242	571	78,5 %
Swisscom	Télécommunications	216	457	96,8 %
Swiss Center for Elect. & Microtech.	Institut de R-D	200	411	97,5 %
EMS-Chemie	Produits chimiques	194	917	91,8 %
INFICON	Ingénierie électrique	172	397	15,7 %
Sensirion	Électronique/installations électriques	170	501	97,1 %
Straumann	Produits médicaux	164	499	72,0 %
Baumer Holding AG	Électronique	163	100	39,3 %
SFS Group	Systèmes de fixation et composants de précision	158	194	36,1 %
Medela	Biens de consommation	157	423	63,7 %
RUAG Holding	Aviation, aéronautique, technologie et défense	157	224	28,0 %
Rolex	Horlogerie	147	605	74,8 %
Zehnder Group	Technologie de distribution	141	143	31,9 %
Ypsomed	Produits médicaux	138	656	97,1 %
Advanced Digital Broadcast	Télévision, télécommunications, télévision payante, haut débit	135	120	2,2 %
Conzzeta	Machines	133	248	62,4 %
Sonceboz	Électronique/mécatronique	131	317	45,0 %
Meyer Burger	Machines	127	208	37,0 %
Eugster/Frismag	Électroménager	124	409	89,5 %
Tecan Group	Électronique/installations électriques	124	313	54,0 %
Patek Philippe	Horlogerie	121	105	91,7 %
Komax Holding	Électronique/installations électriques	120	253	82,5 %
Huber+Suhner	Électrotechnique	117	340	65,0 %
Archroma Textiles	Produits chimiques	115	262	39,1 %
Institut Paul Scherrer	Institut de R-D	106	457	97,2 %

* Bien qu'ayant son siège principal à Bâle, la firme est une filiale de l'entreprise étatique chinoise ChemChina. C'est pourquoi les brevets de Sygenta sont considérés comme appartenant à ChemChina.

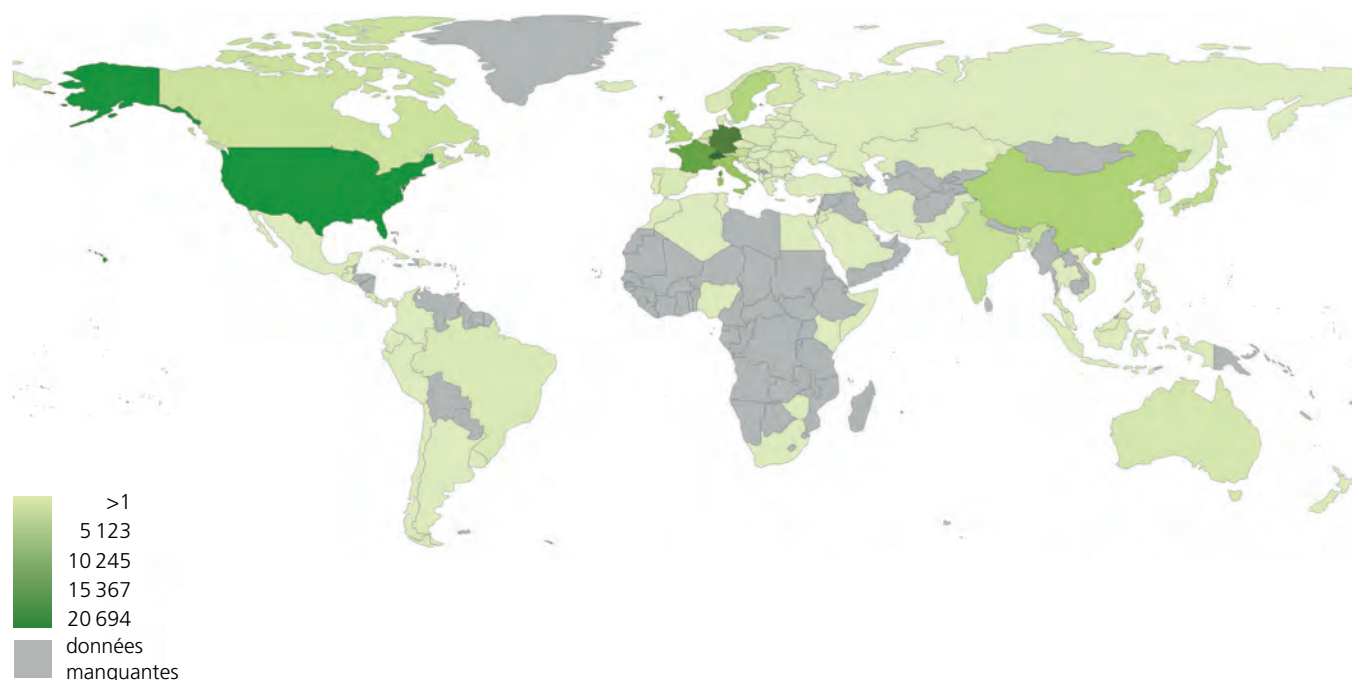
Source : IPI, analyse des données issues de Patent Sight par Bechtold et de Rassenfosse

Le graphique C 6.3 fournit des indications complémentaires sur le portefeuille de brevets des FMN suisses analysées sous la forme d'un aperçu des principales branches dans lesquelles elles déposent des brevets. Le secteur de l'électronique est celui dans lequel on enregistre la plus forte activité de brevetage; il est suivi par celui des médicaments et celui des installations électriques. Ces trois branches économiques représentent ensemble plus de la moitié des activités de brevets des FMN suisses. Le graphique C 6.3 a été généré à partir des données des 65 FMN énumérées dans le tableau ci-dessus. Il ne tient pas compte des nombreuses activités de brevetage d'autres entreprises suisses. De plus, le classement des secteurs techniques qu'il propose est représentatif des déposants helvétiques plutôt que de la Suisse. En effet, comme on peut le voir dans le tableau C 6.1, un grand nombre des inventions brevetées n'ont pas été développées en Suisse.

Graphique C 6.3 : Secteurs industriels dans lesquels les FMN suisses déploient des activités de brevetage



Source : IPI, analyse des données issues de Patent Sight par Bechtold et de Rassenfosse

Graphique C 6.4 : Provenance des inventions de FMN suisses

Source : IPI, analyse des données issues de Patent Sight par Bechtold et de Rassenfosse

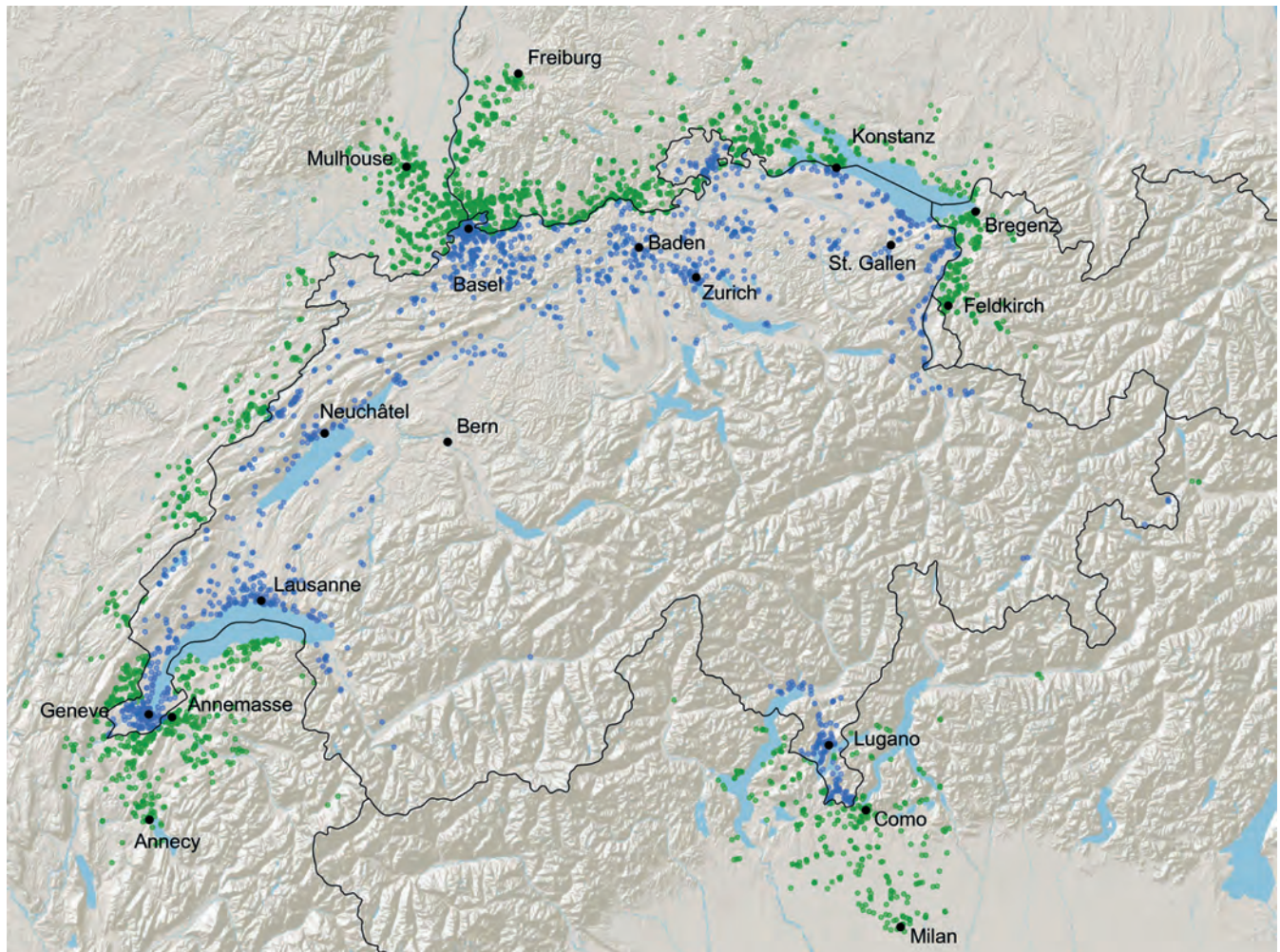
Le graphique C 6.4 indique la provenance des inventions brevetées des 65 FMN suisses citées dans le tableau C 6.1 conformément au domicile de l'inventeur. En chiffres absolus, l'Allemagne, les États-Unis et la France sont les trois principaux réservoirs de talents utilisés par les FMN suisses.

Globalement, un quart des innovations des FMN suisses sont développées en Suisse (25,28 %) et un autre quart dans l'UE (27,11 %). Deux tiers des inventions sont réalisés dans des pays de l'OCDE (67,80 %). Ici aussi, il faut garder à l'esprit que les données ne tiennent pas compte des frontaliers qui travaillent en Suisse mais qui résident à l'étranger (voir graphique C 6.5).

Le graphique C 6.5 indique le lieu de domicile des inventeurs qui se rendent en Suisse pour y travailler (et qui contribuent dès lors aux brevets déposés par des entreprises suisses). L'analyse se limite aux inventeurs résidant à l'étranger figurant dans des brevets détenus par des entreprises ayant leur siège en Suisse. La carte présente tous les cas où le lieu de résidence de l'inventeur et l'adresse de l'entreprise déposante se trouvent dans un rayon de 50 km. Les principaux groupes de pendulaires se concentrent autour de Bâle et de Genève. Il ressort du graphique C 6.5 non seulement l'importance des inventeurs étrangers en Suisse, mais aussi les limites des analyses empiriques de brevets qui sont attribués à un certain pays uniquement sur la base du lieu de domicile de l'inventeur (ou du déposant).

Il ressort de ce chapitre que les activités de recherche des plus gros détenteurs suisses de brevets sont caractérisées par une très forte dimension internationale: pour la plupart des entreprises analysées, la majorité des inventions brevetées ont été développées à l'étranger. Il permet en outre de constater que les inventions brevetées qui ont été développées en Suisse sont souvent le fait d'inventeurs qui sont des travailleurs frontaliers résidant dans des pays voisins.

Graphique C 6.5 : Pendulaires de régions frontalières de Suisse dans un rayon maximal de 50 kilomètres entre l'inventeur et le déposant



Source : données du KOF sur la base d'un projet commun de l'EPFL et de l'EPFZ financé par le Fonds national suisse ; analyse Bechtold et de Rassenfossé



Le graphique C 6.6 présente une carte thermique des pays dans lesquels les FMN suisses (énumérées dans le tableau C 6.1) cherchent à breveter leurs inventions. Il permet de se rendre compte de l'envergure mondiale des FMN suisses. La portée des brevets est limitée par le principe de territorialité. Les entreprises déposent des brevets dans des pays qui sont soit des marchés cruciaux, soit des centres de production importants. Les États-Unis attirent le plus de demandeurs de brevets ; ils sont suivis de l'Allemagne et de la Chine.

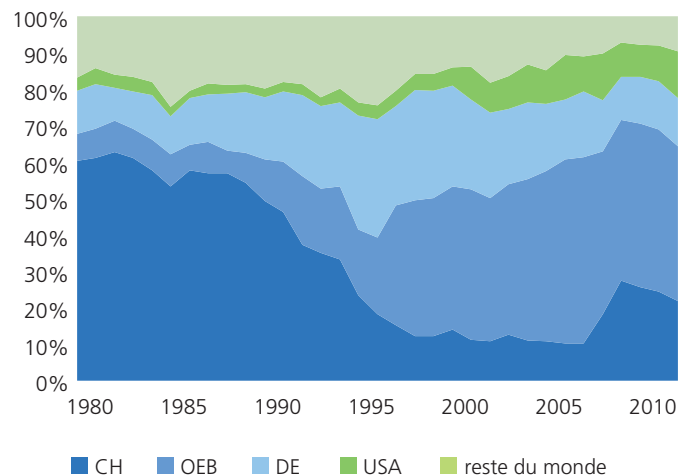
Différentes voies conduisant à un brevet en Suisse

Lorsqu'une entreprise souhaite obtenir un brevet en Suisse, quatre voies s'offrent à elle:

- Voie nationale: la firme dépose une demande de brevet auprès de l'IPI. Celui-ci examine la demande sans vérifier si l'invention remplit les conditions de l'activité inventive et de la nouveauté (autrement dit, il n'effectue pas d'examen approfondi).
- Voie européenne (par le biais de la Convention sur la délivrance des brevets européens, CBE): l'entreprise dépose une demande de brevet à l'OEB, qui se trouve à Munich; l'OEB est un organe de l'Organisation européenne des brevets créée par la CBE, un traité international indépendant de l'UE. L'OEB procède à un examen complet de la demande. Le déposant peut désigner la Suisse comme un des pays couverts par la protection de l'invention, notre pays étant membre de la CBE. Cette demande conduit à la délivrance d'un brevet national suisse comme au terme de la voie nationale.
- Voie internationale (PCT): l'entreprise dépose une demande de brevet auprès de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) conformément au Traité PCT. Au terme d'une recherche internationale pour déterminer la priorité et d'un examen provisoire facultatif, la demande de délivrance d'un brevet national est transmise à l'IPI.
- Voie Euro-PCT: elle combine la voie européenne (CBE) et celle internationale (PCT) en ce sens que la demande PCT est déposée à l'OEB.

L'UE envisage de créer un brevet unitaire qui conférerait une protection unitaire dans la plupart des États membres de l'UE et qui pourrait se substituer aux systèmes nationaux des brevets. Comme la Suisse n'est pas membre de l'UE, elle serait exclue de ce système. L'instauration d'un brevet unitaire ne supprimerait néanmoins ni la voie européenne (CBE) ni la voie Euro-PCT.

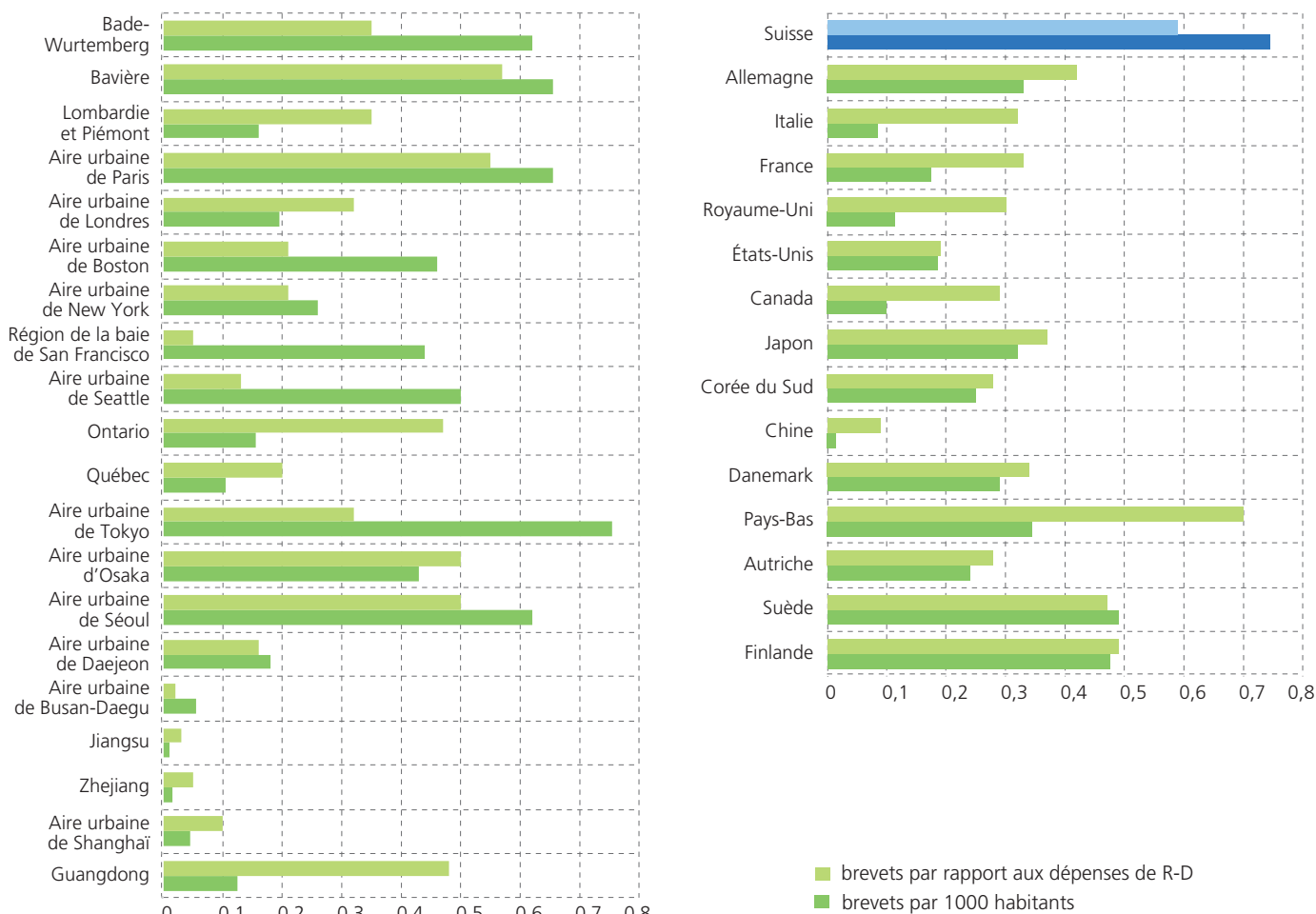
Graphique C 6.7 : Office des brevets récepteur de la première demande de brevet pour des inventions développées en Suisse



Source : base de données PATSTAT selon la méthode développée par de Rassenfossé et al. (2013). CH : Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle; OEB : Office européen des brevets; DE : Office allemand des brevets et des marques (DPMA) ; États-Unis : Office américain des brevets et des marques (USPTO)

Un grand nombre des partenaires industriels interviewés pour cette étude, qu'ils s'agissent de start-up ou de FMN, affirment suivre une stratégie mondiale de brevetage. Les entreprises déposent principalement des demandes de brevets aux États-Unis et auprès de l'OEB; dans ce dernier cas, elles requièrent généralement aussi la protection de l'invention pour la Suisse. Certains interlocuteurs ont précisé que, lorsque leurs entreprises optaient pour la voie européenne, elles requerraient systématiquement la protection pour le territoire suisse également, ce dernier constituant leur marché national historique. Plusieurs personnes interrogées ont dit vouloir éviter que des concurrents n'entrent sur leur marché domestique, fait qui n'échapperait certainement pas à la direction de l'entreprise, aux médias et à la concurrence. Les start-up prospères déposent souvent des brevets dans des pays de premier plan. Comme la Suisse compte un grand nombre de fabricants de montres, son système des brevets revêt une importance particulière pour ce secteur. La rapidité de délivrance constitue l'une des raisons pour lesquelles ils déposent presque toujours leurs demandes de brevets à l'IPI.

Il ressort de ce chapitre que le régime helvétique des brevets joue un rôle mineur pour les détenteurs suisses, la plupart des demandes pour des inventions suisses étant déposées à l'étranger.

Graphique C 6.8 : Intensité de brevetage dans une sélection de régions et de pays, 2008–2014

Source : Rammer & Trunschke (2018), graphique Bechtold et de Rassenfosse

6.3.3 Entreprises suisses à la pointe en matière de nouvelles technologies

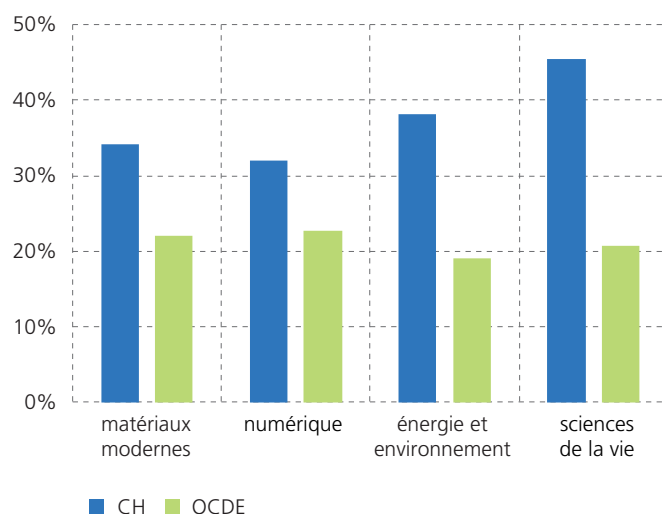
Ce chapitre présente des données sur la performance de la Suisse en matière de brevets en regard d'une sélection de régions et de pays. Le graphique C 6.8 présente le nombre moyen de brevets déposés en Suisse entre 2008 et 2014 via les voies internationale (PCT) ou européenne (CBE); voir encadré « Différentes voies conduisant à un brevet en Suisse ». Les chiffres sont normalisés par 1000 habitants et par rapport aux dépenses de R-D.

S'agissant du nombre de brevets pour 1000 habitants, la Suisse se classe deuxième derrière la baie de San Francisco. Or, si l'on compare la performance de la Suisse à celle d'autres régions, on se rend compte qu'elle est en partie imputable à une plus forte intensité d'activités de R-D. En considérant le nombre de brevets par rapport aux dépenses de R-D, il apparaît en effet que la performance de la Suisse est moins bonne. En particulier l'écart avec la Bavière et la zone urbaine de Paris se réduit, alors que les Pays-Bas prennent la tête du classement.

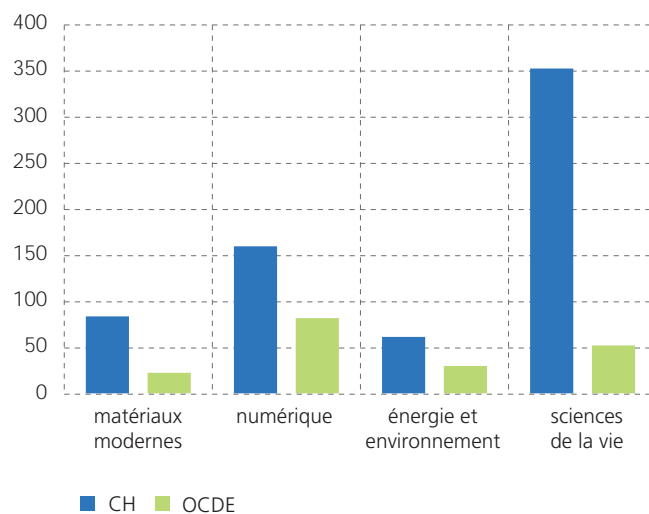
Des études de l'OCDE, qui résultent elles-mêmes d'une analyse prévisionnelle réalisée par les gouvernements allemand, britannique, canadien, finlandais et russe ainsi que par la Commission européenne (OCDE, 2016), ont permis d'identifier les nouvelles technologies. Pour dresser la liste utilisée dans le présent rapport, la liste de l'OCDE a été complétée avec l'avis d'experts des centres de transfert technologique de l'EPFL et de l'EPFZ.

Nouvelles technologies

Bien que la notion de nouvelles technologies (emerging technologies) apparaisse régulièrement dans les débats sur la politique de l'innovation, elle est difficile à définir au plan théorique. Un récent recensement d'études de premier plan sur l'innovation identifie cinq caractéristiques d'une nouvelle technologie : nouveauté révolutionnaire, croissance rapide, cohérence, effet significatif ainsi que perspectives vagues et incertaines (Rotolo et al., 2015).

Graphique C 6.9 : Proportion de brevets de classe mondiale dans le domaine des nouvelles technologies

Source : IPI, analyse des données issues de Patent Sight par Bechtold et de Rassenfosse

Graphique C 6.10 : Brevets de classe mondiale dans le domaine des nouvelles technologies, par million d'habitants

Source : IPI, analyse des données issues de Patent Sight par Bechtold et de Rassenfosse

Le graphique C 6.9 présente la proportion de brevets dits de classe mondiale qui ont été déposés par des demandeurs suisses et d'États membres de l'OCDE dans le domaine des nouvelles technologies. Un « brevet de classe mondiale » est un titre qui fait partie des 10 % de brevets dont la valeur économique relative est la plus élevée.¹² Par rapport à d'autres pays de l'OCDE, cette proportion est supérieure en Suisse. En comparaison relative, les déposants suisses détiennent des portefeuilles de brevets solides dans le secteur des nouvelles technologies. Le graphique ne permet pas de conclusions sur la position de la Suisse en chiffres absolus, qui ne constitueraient de toute façon pas des indicateurs très pertinents étant donnée la taille relativement petite de notre pays. Le graphique C 6.10 indique la proportion de brevets de classe mondiale par million d'habitants dans le domaine des nouvelles technologies. La Suisse se distingue dans le secteur des sciences de la vie, alors qu'elle se situe dans la moyenne de l'OCDE dans le domaine de l'énergie et de l'environnement.

Il ressort de ce chapitre que la Suisse est une économie qui se caractérise par une intense activité de brevetage et un portefeuille de brevets solides dans le domaine des nouvelles technologies.

6.4 Conclusions

Ces dernières années, le système des brevets a fait l'objet de nombreuses critiques. Le comportement de certains acteurs a suscité l'impression dans le public que le nombre de brevets délivrés était trop élevé, sans que des avantages clairs pour la société soient démontrés. Dans l'industrie informatique et dans d'autres secteurs économiques, les détracteurs du système des brevets affirment qu'il est non seulement inutile, mais qu'il nuirait même à l'innovation.

Cette étude n'a pas trouvé de preuves théoriques ou empiriques suffisantes pour étayer une allégation aussi radicale. Ce qui est certain, c'est que le système des brevets est confronté à des défis majeurs. D'un point de vue conceptuel, les débats sur ce sujet doivent faire la distinction entre deux effets. Il s'agit d'abord de savoir si le système des brevets stimule l'innovation, puis, dans la négative, de déterminer s'il l'entrave. Sur la base de la littérature spécialisée dépouillée et des entretiens menés, la présente étude arrive à la conclusion que, dans l'ensemble, le système des brevets favorise l'innovation en Suisse. En d'autres termes : notre pays se porte mieux avec que sans.

Il convient dès lors de se demander si le système actuel offre un environnement optimal pour l'innovation. Répondre à cette question n'est pas aisé. Deux aspects méritent une attention particulière :

- Premièrement, d'un point de vue théorique, l'effet d'incitation du système des brevets est maximisé lorsque les droits de PI octroyés sont clairs et légitimes. Par « légitime », on entend que les brevets devraient être délivrés pour des inventions qui

¹² Patent Sight détermine la valeur économique relative d'un brevet à partir de deux indicateurs : la couverture géographique (pays de protection) et la pertinence technique (calculée sur la base de la fréquence de citation du brevet) ; cette valeur est normalisée par secteur industriel. Les brevets dits de classe mondiale font partie des 10 % de brevets dont la valeur est la plus élevée ; voir Ernst & Omland, 2011.

n'auraient pas été développées en l'absence de la protection juridique offerte. Comme il est difficile pour les examinateurs de brevets d'identifier de telles inventions, les systèmes de brevets ont défini des seuils d'activité inventive qu'il faut atteindre pour bénéficier d'une protection. « Clair » signifie que l'étendue de l'invention protégée doit être clairement délimitée dans le fascicule de brevet pour que la sécurité juridique soit garantie. Ces facteurs pourraient laisser supposer que la Suisse devrait passer à un système d'examen complet. Mais un tel système engendre des coûts (voir Vaterlaus et al., 2015). C'est pourquoi le bien-fondé d'un tel changement demeure incertain, car on ne sait pas dans quelle mesure il apporterait de réels avantages. L'entreprise qui veut bénéficier d'une sécurité juridique quant à son brevet le dépose auprès de l'OEB. La question de l'instauration d'un examen complet appelle donc des analyses approfondies de la place de l'IPI dans un système européen des brevets intégré. Il conviendrait d'examiner en détail les points positifs et négatifs d'un tel changement. Mais un tel examen va bien au-delà du propos de la présente étude.

- Deuxièmement, il est possible d'accroître les avantages qu'offre le système des brevets en baissant ses coûts. Nous en savons toujours très peu sur l'impact du système des brevets en termes de prospérité sociale. Dans d'autres pays que la Suisse, il est peut-être vrai qu'il freine l'innovation dans quelques branches. Mais notre régime national de protection des brevets est trop petit d'une certaine façon pour influencer le paysage global de l'innovation. Du point de vue des acteurs privés du marché, la charge relative au dépôt, à la gestion et à la défense des brevets constitue un facteur de coûts important, qui est encore accentué en cas de lenteurs dans l'application ou en cas de litiges. C'est pour cette raison qu'il faut se réjouir de la création du Tribunal fédéral des brevets.

La question se pose régulièrement de savoir si la Suisse doit avoir un système des brevets unitaire et technologiquement neutre ou s'il ne faudrait pas plutôt l'adapter aux différentes branches, technologies ou agents du marché. Le législateur, les tribunaux et les chercheurs ont certes commencé à l'ajuster aux besoins les plus urgents de certaines branches, mais sa flexibilité demeure limitée. Lorsqu'un système a besoin de plusieurs années pour décider si un brevet produit des effets ou non, cela pose problème, du moins dans certaines branches telles que l'informatique.

Cette étude souhaite cependant mettre en garde contre une différenciation au sein du système des brevets, qui ne ferait qu'accroître sa complexité. De plus, les besoins en mutation des différentes branches sont difficilement prévisibles. Si une différenciation accrue était néanmoins introduite dans le système des brevets, il conviendrait de veiller à un aménagement « dynamique » offrant aux titulaires de brevets un choix entre diverses options. Proposer des annuités qui offrent aux titulaires le choix entre diverses durées de protection ou prévoir des taxes plus élevées pour un examen accéléré sont de bons exemples d'un tel aménagement.

L'avènement du numérique constitue l'une des principales caractéristiques du paysage actuel de l'innovation. Cette évolution a diverses conséquences pour les offices de brevets :

- Premièrement, l'avènement du numérique permet des procédés de fabrication sur la base d'une personnalisation de masse. À l'avenir, les consommateurs imprimeront peut-être des objets en 3D à leur domicile ou dans une boutique de photocopies locale. Il est envisageable également que les hôpitaux fabriquent des médicaments sur mesure qui pourront être prescrits uniquement à un patient ou à un petit groupe de patients. Ces développements auraient des conséquences sur les chaînes de distribution, mais soulèveraient aussi de nouvelles questions en matière d'incitations et de responsabilité (Bechtold, 2016; Lemley, 2015).
- Deuxièmement, diverses start-up utilisent la technologie blockchain pour gérer la propriété intellectuelle. Cette dernière pourrait modifier les systèmes d'enregistrement de certains droits de PI ou les modèles de licences, surtout dans le domaine du droit d'auteur. Elle est également susceptible de réduire l'importance des offices des brevets. Cette technologie révolutionnaire propose cependant aussi des moyens intéressants pour optimiser le système de PI ou étendre les offres des offices des brevets.
- Troisièmement, il n'est pas clair si le système des brevets est armé pour faire face à un environnement dans lequel les brevets sont rarement défendus et les cycles de vie des produits de plus en plus courts. Dans un monde où les coopérations de R-D entre entreprises sont devenues la règle et où de grands efforts de standardisation ont ouvert de nouveaux marchés, il est essentiel pour les entreprises de documenter leur contribution à de telles actions communes. Sur des marchés où les besoins prioritaires des entreprises résident davantage dans des instruments de documentation que dans les incitations à innover, le système des brevets actuel ne fournit pas forcément une aide optimale. Un régime lourd avec des procédures fastidieuses et coûteuses et, dans de nombreux pays, un examen complet n'est certainement pas la réponse appropriée. Un système plus rapide et flexible (comme celui en Allemagne, en Italie ou au Japon qui propose des modèles d'utilité) semble peut-être plus approprié. De nombreux représentants de l'industrie interviewés pour cette étude ont critiqué les lenteurs excessives dans le système des brevets, comme si les horloges dans ce domaine ne tournaient pas au même rythme que celles du monde des affaires. Les directions d'entreprises ne comprennent souvent pas pourquoi les décisions en matière de brevets traînent pareillement en longueur. Cependant, les personnes interrogées pour cette étude n'ont pas pu citer de cas concrets pour lesquels l'introduction d'un produit sur le marché aurait été retardée à cause d'une protection accordée tardivement.

Bien que les universités suisses et l'IPI aient déployé des efforts considérables ces dernières années pour promouvoir le transfert du savoir du niveau de la recherche fondamentale jusqu'à celui du produit, il semblerait que de nouveaux investissements dans la formation et le conseil soient souhaitables (Radauer & Streicher,

2008; Keupp et al., 2009). Il faudrait examiner à cet égard une réduction des taxes en faveur des universités et des PME, comme le propose l'office des brevets américain. Il faut cependant prendre en considération les conséquences systémiques de tels changements. Von Graevenitz et Garanasvili (2018) donnent un exemple de tels effets liés les uns aux autres. Ils montrent qu'une modification des taxes nationales sur les brevets a un impact sur la décision des entreprises à déposer leur brevet auprès d'un office national ou auprès de l'OEB, ce qui se répercute à son tour sur la charge de travail de ces offices.

Enfin, d'aucuns proposent parfois d'utiliser les revenus issus des droits de PI pour financer les universités, ce qui constituerait certainement un complément bienvenu pour leurs budgets. Mais ces revenus ne conviennent pas au financement structurel. Difficilement prévisibles, leur utilisation pour assurer le financement de base des hautes écoles affaiblirait la stabilité de leurs budgets. De plus, mettre un accent excessif sur les droits de PI pourrait pousser les universités à adopter une approche plus restrictive dans l'échange ouvert des connaissances, ce qui nuirait au transfert du savoir.





La participation aux programmes-cadres de recherche (PCR) de l'Union européenne est l'une des priorités de la politique suisse en matière de recherche et d'innovation. Elle permet aux institutions, aux entreprises et aux chercheurs présents en Suisse de collaborer avec des partenaires étrangers de choix, d'échanger des savoirs et d'utiliser des infrastructures communes de pointe. Le projet « Flourish », encouragé dans le cadre du 8^e PCR (Horizon 2020, 2014–2020) avait pour objectif de mettre au point des équipements intelligents pour une agriculture plus efficace et durable. Sous la conduite de l'ETH Zurich, les chercheurs ont mis sur pied une équipe de travail constituée de drones et de robots agricoles pour lutter contre les mauvaises herbes. Illustration : ETH Zurich/Pascal Halder

PARTIE C : ÉTUDE 7

**La numérisation, moteur de modèles
commerciaux novateurs**

Synthèse

La transformation numérique et les innovations qui y sont associées permettent aux entreprises de poursuivre leur croissance. La présente étude examine les modèles commerciaux numériques dans les trois secteurs que sont les banques et les assurances, le commerce ainsi que l'industrie manufacturière – segmentée en industrie chimique, pharmaceutique et en industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM). Les résultats montrent que le degré de numérisation et le traitement général de la thématique diffèrent sensiblement dans les trois secteurs. Ainsi, l'industrie MEM présente d'ores et déjà un niveau élevé de numérisation. Les réglementations et les préoccupations d'ordre sécuritaire des clients existants représentent les obstacles majeurs. Dans tous les secteurs considérés, un fort potentiel subsiste dans le cas du développement continu de produits numériques et de prestations de services ainsi que dans celui de l'offre de solutions intégrées. Une remise en question fondamentale du modèle commercial est particulièrement difficile pour de nombreuses entreprises de tous les secteurs. La formation facilitant les modèles commerciaux numériques pourrait porter remède à cet égard. Toutefois, il faut signaler que la transformation numérique peut emprunter diverses voies, raison pour laquelle chaque entreprise doit déterminer pour elle-même la direction et la vitesse adéquates en fonction de facteurs contextuels.

Le degré de numérisation et le traitement général de la thématique comportent des différences significatives entre les secteurs examinés. La présente étude reflète la hiérarchisation différenciée dans les secteurs. Ainsi, l'industrie MEM présente déjà un niveau élevé de numérisation, puisqu'elle traite de ce thème depuis un certain temps déjà en raison de la pression significative des coûts dans le pays à salaires élevés qu'est la Suisse ainsi qu'en raison de l'intensité de la concurrence. Les autres secteurs considérés ont également reconnu le numérique comme thème central en soi. Ces derniers temps, on observe dans l'industrie chimique et pharmaceutique des activités visant à une introduction plus large du numérique sur toute la chaîne de création de valeur, même si cette industrie pouvait déjà s'appuyer traditionnellement sur une bonne disponibilité des données. Le secteur du commerce ainsi que celui des banques et des assurances sont encore en retard par rapport à l'industrie manufacturière et disposent donc d'un potentiel de pénétration à venir. Dans le domaine des banques et des assurances, la pression permettant de modifier les modèles commerciaux existants n'est pas encore significative en raison de la situation positive des revenus.

Les réglementations et les préoccupations d'ordre sécuritaire des clients existants représentent les plus importants obstacles. Mais, là aussi, on identifie des entreprises qui connaissent le succès et qui se basent sur un modèle commercial numérique. En font notamment partie les start-up qui isolent certains éléments de la

chaîne de création de valeur et qui les révolutionnent à l'aide de nouveaux modèles commerciaux numériques.

Dans tous les segments considérés, il subsiste un fort potentiel lors du développement continu de produits numériques, de prestations de services et de l'offre de solutions intégrées. Une remise en question fondamentale du modèle commercial est particulièrement difficile pour de nombreuses entreprises issues des trois secteurs. Il existe des exemples positifs isolés d'entreprises établies ainsi que de start-up. En général, toutefois, il y a des défis à relever en ce qui concerne les facteurs « mous » (facteurs subjectifs), comme par exemple la culture d'entreprise, les compétences et l'acceptation que les entreprises sont tenues d'aborder. S'opposent à cela les atouts traditionnels de la Suisse, tels que la formation, l'accès aux ressources financières et aux ressources humaines ainsi qu'un certain pragmatisme dans la gestion de thèmes porteurs d'avenir. Toutefois, les ressources libres ne sont pas toujours synonymes de succès. Parallèlement à la pression en matière d'innovation, la discipline, le risque et la volonté de changement sont parfois plus importants. D'un autre côté, la formation doit être encore plus mise en avant afin de faciliter les modèles commerciaux numériques. Il faut poser les jalons afin d'éviter les déficits en matière de compétences au cours de la transformation numérique. Le pouvoir politique a déjà lancé des programmes dans cette perspective, comme par exemple la campagne de l'enseignement des technologies de l'information dans le canton de Saint-Gall.

Enfin, il est important de mettre en évidence que les technologies numériques rendent possibles les modèles commerciaux innovants. Pour de nombreuses entreprises, leur introduction sera une composante supplémentaire contribuant à une croissance future. Ce faisant, la plupart des modèles commerciaux et des pratiques existants qui ont fait leurs preuves ne seront pas remplacés. Au lieu de cela, les modèles commerciaux numériques et traditionnels coexisteront de façon complémentaire. Cette évolution renferme une complexité supérieure, tout en étant à la fois une chance pour les entreprises suisses de poursuivre leur développement et de rester compétitives. Le numérique n'est donc pas une fin en soi, mais doit renforcer la compétitivité d'une entreprise donnée. Toutefois, il faut signaler que la transformation numérique peut emprunter diverses voies, raison pour laquelle chaque entreprise doit déterminer la direction et la vitesse adéquates qui lui sont propres en fonction de facteurs contextuels. Ainsi, une numérisation accrue n'est pas toujours la bonne réponse aux défis actuels spécifiques aux entreprises.

Le texte suivant est la version courte d'une étude réalisée par Roman Hänggi, Christin Eifel et Daniel Nussbaumer (Haute école de Rapperswil) ainsi que par Thomas Friedli, Lukas Budde, Philipp Osterrieder et Dominik Remling (Université de Saint-Gall). La version longue de cette étude est parue dans la collection du SEFRI (www.sbf.admin.ch).

Contenu étude 7

7.1	Introduction	347
7.2	Les modèles commerciaux numériques en Suisse	348
7.2.1	Banques et assurances	
7.2.2	Commerce	
7.2.3	Industrie manufacturière : industrie pharmaceutique et chimique, industrie MEM	
7.3	Conclusions	356
7.4	Méthodologie.	357

7 La numérisation, moteur de modèles commerciaux novateurs

7.1 Introduction

La présente étude vise à mettre en évidence la capacité d'innovation suisse en matière de modèles commerciaux numériques. Elle complète l'étude « Innovations dans le domaine des services » (partie C, étude 3). Trois segments clés de l'économie Suisse sont ici abordés : la banque et l'assurance, le commerce et l'industrie manufacturière.

Dans un premier temps, cette étude présente le positionnement actuel des entreprises suisses en comparaison internationale. Dans un second temps, elle tente de déduire des recommandations d'action afin de garantir et de développer la compétitivité de la Suisse. Pour ce faire, l'étude s'attache à relever les points forts et les points faibles ainsi que les risques et les opportunités potentiels pour chaque segment analysé.

Les segments choisis représentent les principaux secteurs de l'économie suisse, hormis le secteur « Administration publique, défense et assurances sociales » (OFS, 2018d) :

- Les banques et les assurances comptent pour plus de 9 % dans le produit intérieur brut (PIB). Elles comprennent notamment les domaines des technologies financières (FinTech) et des technologies d'assurance (InsurTech).
- Le commerce représente près de 15 % du PIB. Actuellement, ce secteur connaît des bouleversements, en particulier dans le domaine du commerce stationnaire, du commerce en ligne ainsi que du commerce interentreprises (business to business, B2B).
- L'industrie manufacturière pèse pour 18,5 % dans le PIB. On distingue explicitement l'industrie pharmaceutique et chimique d'une part, et, d'autre part, l'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM). Les autres subdivisions de l'industrie manufacturière, comme la fabrication des denrées alimentaires et l'horlogerie, n'ont pas été prises en compte.

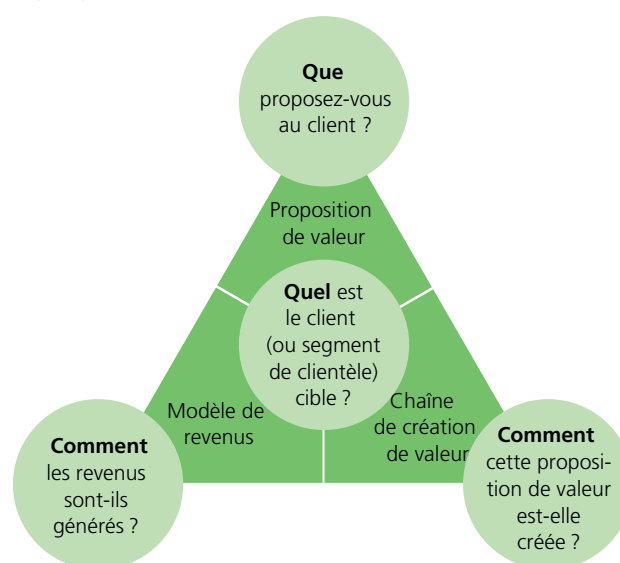
L'analyse porte sur les types de modèles commerciaux novateurs (propositions de valeur) qui revêtent un caractère numérique. Le spectre d'analyse s'étend des prestations de services numériques dématérialisés (plateformes numériques comme Axiom¹) aux offres matérielles classiques appuyées par des solutions numériques (p. ex. vente de pièces de rechange sur un portail client en ligne).

D'après Gassmann et al. (2014), un modèle commercial est structuré par quatre questions. Le graphique C 7.1 montre qu'il faut répondre à la question centrale du client ou du segment de clientèle cible avant de développer tout nouveau produit ou service.

S'y ajoutent trois dimensions : la proposition de valeur, la chaîne de création de valeur et le modèle de revenus.

Ces quatre questions, ainsi que l'orientation générale vers les modèles commerciaux numériques dans les trois segments présentés, constituent la base de cette étude.

Graphique C 7.1 : Les dimensions d'un modèle commercial



Source : graphique inspiré de Gassmann et al. (2014)

Ce travail est structuré comme suit : après l'introduction, chacun des trois segments est traité séparément selon la même approche. Chaque sous-chapitre comporte ainsi une brève introduction puis présente les principales tendances en lien avec la numérisation, avant de décrire ses conséquences sur les quatre dimensions du modèle commercial selon Gassmann et al. (2014) : proposition de valeur (value proposition), chaîne de création de valeur (value chain), modèle de revenus (revenue model) et segment de clientèle (customer segment).² Viennent ensuite une synthèse de la situation actuelle des entreprises suisses et les implications que l'on peut en déduire. Émergent alors des points forts, des points faibles et des risques, mais aussi des opportunités dont les principaux aspects sont présentés sous forme de tableau en annexe. L'étude s'achève sur une conclusion et des recommandations d'action.

¹ <https://axiom.com>, Internet des objets (IoT) – plateforme de TRUMPF.
² Proposition de valeur : produit et/ou service comprenant une série d'attributs utiles pour le client, qui le rendent attractif à ses yeux.
 Chaîne de création de valeur : ensemble des processus et activités contribuant à créer de la valeur (p. ex. fabrication d'un produit ou fourniture d'un service).
 Modèle de revenus : façon dont une entreprise gagne de l'argent.
 Segment de clientèle : ensemble des clients ciblés selon un point de vue spécifique.

Méthodologie

Pour commencer, le cadre d'analyse (types de document, période, thèmes et pays) a été défini. Des dossiers factuels (livres blancs), des études, des newsletters, des contributions d'entreprises ainsi que des articles scientifiques publiés après 2016 ont été analysés. Une analyse documentaire approfondie a ensuite été réalisée en se concentrant sur les modèles commerciaux numériques, sur la numérisation et les nouveaux produits, ainsi que sur les produits et services numériques d'entreprises établies comme de start-up.

Sur cette base, neuf entretiens semi-structurés ont été menés avec des experts. Ces spécialistes ont été choisis en fonction de leur disponibilité et de leur compétence sur les sujets spécifiques de cette recherche. Les enseignements tirés de l'analyse documentaire et des entretiens ont ensuite été consolidés. Par souci de lisibilité, les propos relevés lors de ces entretiens sont directement intégrés dans le texte et ne sont pas explicitement référencés.

Une description détaillée de la méthodologie est présentée en annexe.

7.2 Les modèles commerciaux numériques en Suisse

Le présent point dresse un état des lieux des modèles commerciaux numériques dans les segments de la banque et de l'assurance, du commerce et de l'industrie manufacturière.

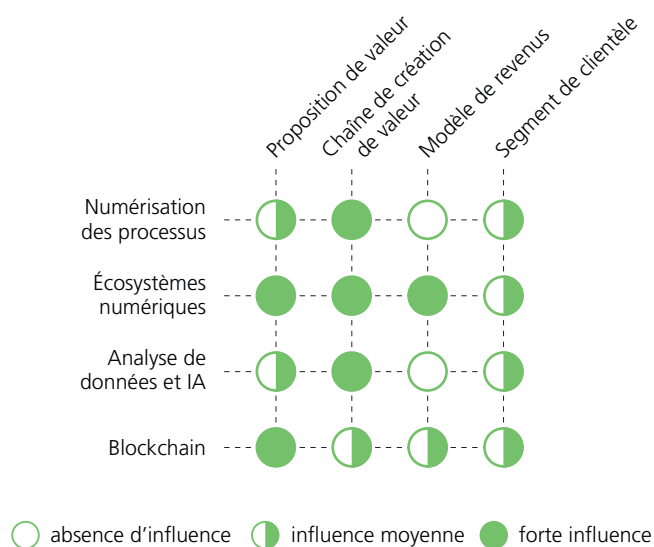
7.2.1 Banques et assurances

Le secteur de la finance affiche une création de valeur brute en baisse continue. La part de ce secteur dans la création de valeur brute totale en Suisse a en effet chuté ces dernières années de 8,5 % à 4,8 % (2017). Le résultat annuel des banques est resté malgré tout relativement constant à environ 62 milliards de francs. La création de valeur brute dans le secteur de l'assurance, en revanche, est restée plus ou moins stable avec environ 4,5 % depuis une décennie (OFS, 2018e). Le nombre de collaborateurs dans ces deux secteurs connaît une évolution similaire. La finance enregistre des suppressions de postes relativement peu importantes au regard de l'ampleur de la baisse de la création de valeur brute. Quant à l'assurance, elle présente des effectifs stables (Statista, 2018a, 2018c).

Tendances de la numérisation

La tendance qui ressort le plus souvent des recherches et des entretiens dans les deux secteurs reste la numérisation des processus (voir graphique C 7.2). En effet, des processus plus simples et plus rapides permettent des gains d'efficacité considérables. En outre, les écosystèmes numériques, l'analyse de données ainsi que les

Graphique C 7.2 : Les tendances numériques principales et leur influence sur le modèle commercial



Source : Haute école de Rapperswil et Université de Saint-Gall

distributed ledger technologies (DLT)³ et la blockchain⁴ constituent des technologies à fort potentiel pour les banques et les assurances.

Proposition de valeur : dans le domaine de l'interaction avec les clients, les principaux changements attendus concernant la proposition de valeur proviendront de processus commerciaux automatisés et de nouvelles technologies, et non de modèles commerciaux entièrement nouveaux (Borg et al., 2019). En effet, les besoins fondamentaux des clients dans le segment de la banque et de l'assurance n'ont pas beaucoup évolué. Des cas concrets de ces processus automatisés sont par exemple : les systèmes de conseil par robot (numérisation et automatisation du conseil financier), souscription d'assurances en ligne, gestion de comptes bancaires en ligne, inscription à eBill.⁵ Dans le domaine des prestations financières, les adaptations apportées à la conception de produits et de services sont de plus en plus souvent initiées par des entreprises de FinTech (Fend & Hofmann, 2018).

Si les écosystèmes numériques constituent des thématiques importantes pour l'avenir des banques et des assurances, ils peuvent représenter une menace pour leur activité originelle (Borg et al.,

³ Distributed ledger technologies (DLT) : type de consignment de transactions consistant à enregistrer les données non pas dans un seul lieu, mais dans de nombreux « registres » en miroir. Les blockchains sont l'application la plus connue de la DLT.

⁴ Blockchain : liste extensible en continu de jeux de données, appelés « blocs », qui sont liés entre eux au moyen d'un processus de cryptage.

⁵ eBill est un service numérique de SIX Payment Services et de PostFinance qui permet de recevoir ses factures directement dans son e-banking plutôt que par la poste ou par e-mail.

2019). L'objectif de ces dernières est l'échange de données entre organisations afin d'améliorer un service. Au sein de l'Union européenne, la deuxième directive concernant les services de paiement (DSP 2) a ancré juridiquement et standardisé l'open banking. Les banques suisses travaillent actuellement à des solutions similaires, notamment en collaboration avec des assurances, mais n'appliqueront pas la DSP 2 pour le moment (« Open Banking: Schweizer Finanzplatz will einen einheitlichen Stecker », 2018; Lüpold, 2017). À l'avenir, les banques et les assurances suisses devront également s'impliquer dans des écosystèmes numériques (Niklowitz, 2018). Le modèle commercial des entreprises au sein des écosystèmes numériques changera donc radicalement. Les sociétés passeront du statut de fournisseur de services complets à celui de fournisseur d'une partie d'une solution intégrée dans laquelle elles se seront spécialisées.

De nombreuses entreprises s'orientent vers la technologie de la blockchain. Beaucoup de banques et d'assurances établies n'envoient pas à l'heure actuelle d'utiliser ces distributed ledger technologies pour les cryptomonnaies. Cependant, il s'agit toujours d'un sujet majeur pour les entreprises de FinTech. De nombreuses structures essaient d'établir de nouveaux modèles commerciaux avec des cryptomonnaies. Dans le cadre de l'engouement pour ces devises, un très grand nombre d'entreprises ont vu le jour grâce à des initial coin offerings comme nouveau type de financement participatif. Les distributed ledger technologies prendront une importance significative dans le cadre de la numérisation d'actifs tels que les actions ou les créances (Ankenbrand et al., 2019).

Chaîne de création de valeur: une grande partie du budget consacré à la numérisation est investie dans le développement ou la numérisation des processus existants, et non dans des produits ou modèles commerciaux entièrement nouveaux. Le principal objectif est de rendre les processus plus efficaces afin d'économiser du temps et de l'argent. La tendance générale veut qu'il faut moins d'employés pour effectuer le même volume de travail avec une qualité constante (Borg et al., 2019).

Le recours à des algorithmes pour analyser les données ne gagne que lentement du terrain. L'utilisation systématique des big data⁶ est encore rare. La moitié des banques suisses n'ont pas encore lancé d'initiative concrète pour l'emploi de méthodes d'analyse des données (Borg et al., 2019). Les assurances, quant à elles, sont déjà très versées dans le traitement des données. Il existe déjà des produits entièrement numérisés qui déclenchent des paiements sur la base de données provenant de sources connues (p. ex. les assurances retard de vol). Cependant, le traitement de données provenant de différentes sources, p. ex. compilées dans des big data lakes,⁷ doit encore être appris par les assurances.

⁶ Big data (ou données massives): quantités de données souvent importantes, complexes, non structurées et à évolution rapide. Actuellement, ce terme est aussi fréquemment utilisé pour décrire la technologie servant à collecter et à évaluer ces masses de données.

⁷ Big data lake: recueil non structuré de données provenant de sources multiples.

Modèle de revenus: un changement notable dans le modèle de revenus pourrait être le paiement des polices d'assurance basé sur l'utilisation de smartphones et de l'Internet des objets. Il serait par exemple possible de savoir quand un client monte dans sa voiture, qui sont les autres passagers et quelle est la destination. Cela permettrait de créer automatiquement une police d'assurance adaptée au client et à sa situation actuelle. Il est à noter que la guerre des prix et les besoins des clients ont tendance à augmenter encore avec les produits numériques (Borg et al., 2019).

Les clients peuvent aujourd'hui aussi utiliser des portails de comparaison afin de trouver et utiliser les offres les moins chères en un temps record. La transparence du marché continue d'augmenter, les offres des fournisseurs se ressemblent toujours plus et sont donc de plus en plus interchangeables (Steck, 2018).

Segment de clientèle: les tendances susmentionnées n'auront que des effets marginaux sur les segments de clientèle des banques et des assurances. Les besoins fondamentaux, comme le transfert ou l'investissement d'argent auprès des banques, ou encore la demande d'une couverture de risque auprès des assurances, sont restés les mêmes. Les banques et les assurances doivent toutefois réfléchir à leur positionnement face aux géants technologiques comme Apple et Amazon, ou encore à la concurrence asiatique comme Alibaba et Tencent (WeChat). Le danger est que ces géants technologiques, mais aussi d'autres banques et assurances à l'étranger, apprennent à gérer la numérisation et sa mise à l'échelle, puis à exporter et adapter ces technologies en Suisse (Ankenbrand et al., 2019). Ces technologies et plateformes se passent largement des banques. En outre, ces fournisseurs ont déjà une clientèle très importante et peuvent se redimensionner plus facilement que les sociétés financières traditionnelles (Borg et al., 2019).

État d'avancement de la numérisation

En comparaison internationale, les grandes banques suisses ont réussi une numérisation à la pointe de la technologie. Les banques régionales et cantonales travaillent actuellement sur des projets, notamment dans le domaine de l'automatisation des processus. La plupart des petites banques et des banques privées ne voient pas encore la nécessité de la numérisation (Borg et al., 2019).

« La relative atonie de la clientèle et la pression concurrentielle plutôt faible en Suisse ont jusqu'à présent épargné aux banques la mise en œuvre de nombreuses mesures. »
(Hirt, 2019)

En comparaison internationale, les assurances suisses ont tendance à accuser un retard par rapport à la moyenne européenne. Cependant, les banques et les assurances maîtrisent les technologies nécessaires à la mise en œuvre de la numérisation. Souvent, les innovations ne sont pas mises en œuvre parce qu'elles pourraient nuire à l'activité exercée jusque-là. De même, il est fréquent que les banques et les assurances empêchent l'innovation en raison des réglementations qu'elles s'imposent en matière de protection des données et de gouvernance, même si ces réglementations

laissent une certaine marge de manœuvre. Les start-up tentent d'exploiter cette marge de manœuvre, de se développer et d'offrir leurs services aux banques établies. Les entreprises de FinTech et d'InsurTech n'essaient pas de concurrencer les entreprises existantes. Ce sont des spécialistes qui opèrent sur des marchés de niche ou qui cherchent à automatiser des processus commerciaux donnés de façon très ciblée. Ils proposent ces processus commerciaux aux entreprises établies par le biais d'interfaces. Les principales entreprises de FinTech n'utilisent pas nécessairement de nouvelles technologies, mais elles mettent correctement et efficacement en œuvre des modèles commerciaux solides (Galvin et al., 2018).

« Les établissements financiers traditionnels doivent évoluer pour conserver leur pertinence. »
(Ankenbrand et al., 2019)

Les collaborateurs des banques et des assurances sont très bien formés et ont une excellente connaissance des clients et des marchés. Souvent, le savoir-faire nécessaire à la numérisation est déjà disponible. Les produits proposés par les banques et les assurances suisses figurent en outre parmi les meilleurs au monde. Ainsi, les procédures de déclaration des sinistres aux assurances par les clients sont déjà très efficaces. La qualité des processus est également satisfaisante. Cependant, ces processus sont aujourd'hui encore associés à une forte charge de travail en arrière-plan. Ils pourraient à l'avenir être automatisés, la plupart du temps avec un niveau de qualité équivalent ou supérieur (Fend & Hofmann, 2018).

Obstacles à la numérisation

La plupart des entreprises de ces deux secteurs n'ont pas encore intégré à leur culture l'agilité nécessaire pour apporter les changements qui s'imposent. En particulier, l'organisation hiérarchique empêche les entreprises d'adopter la vitesse nécessaire sur la voie de l'organisation numérique (Borg et al., 2019). La lenteur des prises de décision et la multitude de processus complexes rendent les organisations atones. Dans les grandes entreprises qui comptent de nombreux secteurs de produits, notamment, les silos restent la solution privilégiée. Concrètement, cela signifie que chaque domaine d'activité est strictement séparé des autres. De même, les services informatiques sont souvent externalisés et non intégrés aux domaines d'activité. La gestion du changement est extrêmement importante pour une transformation réussie. Il est impératif que les collaborateurs soient impliqués dans ce changement et qu'ils puissent avoir voix au chapitre.

Implications pour l'avenir

En résumé, on peut dire que les banques et les assurances doivent faire preuve de plus d'audace, sans quoi d'autres entreprises risquent de se lancer dans l'aventure et de prendre pied sur le marché suisse (Fend & Hofmann, 2018). Les banques et les assurances doivent trouver l'équilibre optimal entre agilité et stabilité (Borg et al., 2019). Un changement de culture s'impose : il convient de passer d'une hiérarchie rigide et de domaines d'activité nettement séparés à une organisation globale agile. Les écosystèmes numériques seront également importants pour cette étape, la réflexion en termes de réseaux et de partenariats devenant centrale

pour les entreprises. Tout ne peut ni ne doit plus être fait en interne : avec le service de paiement TWINT p. ex., plusieurs banques suisses et le prestataire de services de paiement SIX travaillent ensemble pour montrer que d'autres offres que celles des géants technologiques (comme Apple Pay), tout aussi attractives, peuvent être créées en unissant les forces en présence.

Quels enseignements les assurances peuvent-elles tirer des start-up ? « C'est un échange dont les deux parties profitent grandement. Nous apprécions particulièrement l'agilité, les nouvelles idées et la possibilité de tester les solutions facilement et rapidement. »
(Wildi, 2017)

7.2.2 Commerce

Le chiffre d'affaires du commerce de détail suisse est passé de 83 milliards à 91 milliards de francs depuis 2001, mais stagne depuis 2014 (Statista, 2018b). Il faut souligner que le chiffre d'affaires n'a pas évolué de la même manière pour le commerce de détail et la vente en ligne et par correspondance en Suisse. Il existe en effet des disparités frappantes dans le volume d'affaires (business to consumer, B2C). Alors qu'en 2014–2015, le chiffre d'affaires du commerce de détail stationnaire a subi une perte massive de 2,4 %, celui de la vente en ligne et par correspondance a augmenté de 7,5 % par rapport à l'année précédente.

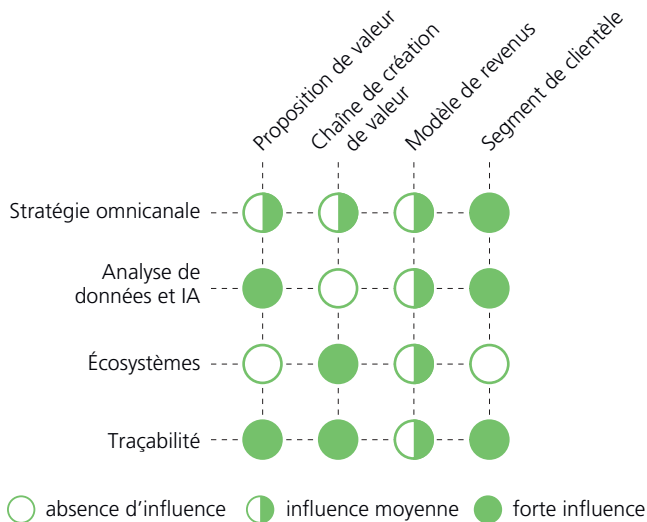
Tendances de la numérisation

La principale tendance dans le commerce est l'approche omnicanale,⁸ qui a considérablement modifié la préparation générale des achats depuis quelques années grâce aux terminaux mobiles compatibles avec Internet (Heinemann, 2017). En outre, la capacité à intégrer différentes sources de données afin de proposer des produits et services personnalisés devient un facteur de réussite pour les sociétés commerciales. La capacité à traiter des données offrira des avantages concurrentiels dans ce contexte (Rudolph & Linzmayer, 2014). D'autres tendances dans le commerce sont la personnalisation croissante axée sur les besoins des clients, qui favorise la tendance technologique de la traçabilité, ainsi que diverses plateformes de vente et de comparaison de prix, regroupées en écosystèmes (voir graphique C 7.3).

Proposition de valeur : un modèle commercial fondé sur une approche omnicanale est essentiel pour une numérisation réussie (Boersma, 2016). La solution Click & collect (passer sa commande en ligne et aller la retirer en magasin) en est un exemple. Cependant, cette approche a mis du temps à s'imposer dans le commerce stationnaire⁹ (Micha & Koppers, 2016). Digitec et Brack sont des exemples très éloquentes d'entreprises suisses qui ont déjà mis en place de bonnes stratégies omnicanales. L'abondance actuelle des

⁸ L'approche qui consiste à utiliser en parallèle les différents canaux d'achat et d'information est qualifiée d'« omnicanale ». Les technologies numériques soutiennent spécifiquement cette approche.

⁹ Le commerce stationnaire décrit la vente dans un lieu fixe, à un client venu pour cela.

Graphique C 7.3 : Les tendances numériques principales et leur influence sur le modèle commercial

Source : Haute école de Rapperswil et Université de Saint-Gall

biens et la consommation excessive exigent une promotion ciblée des ventes de la part des sociétés commerciales. Les clients veulent être encouragés à acheter de façon plus personnalisée et plus ciblée, malgré la grande variété de l'offre (Lefkes et al., 2017). Les big data et la personnalisation croissante, axées sur les besoins des clients, offrent en particulier les technologies et les incitations correspondantes, ce qui a une influence décisive sur le succès des sociétés commerciales (Rudolph & Linzmayer, 2014).

Chaîne de création de valeur : l'objectif est d'offrir davantage avec le modèle commercial existant et de réduire les coûts. Il devient essentiel d'exploiter les possibilités offertes par la numérisation pour raccourcir et automatiser les chaînes de création de valeur et ainsi diminuer les coûts associés (Wolters, 2016). Les chaînes de création de valeur classiques du commerce ont considérablement changé. Cela est principalement dû à la personnalisation croissante de l'offre et à l'utilisation de plateformes de commerce, qui sont fortement liées à la traçabilité de chaque article dans la chaîne de création de valeur. Par ailleurs, les acteurs du marché en amont (fabricants) ou les écosystèmes numériques (p. ex. les moteurs de recherche de prix et de produits) exercent une pression sur les commerçants et peuvent tout simplement les rendre superflus (Micha & Koppers, 2016). Le commerce stationnaire peut contrecarrer ces tendances en coopérant avec les fabricants, par exemple par le biais de magasins de marques intégrés ou de produits exclusifs (Bariso, 2019).

Modèle de revenus : les solutions numériques comme le paiement mobile simplifient le processus d'achat et permettent aux clients de faire leurs achats à tout moment, où qu'ils se trouvent (Radowitz, 2018). Les concepts omnicanaux influencent le commerce stationnaire, même si l'on estime que ce dernier restera

l'élément de distribution le plus important dans le commerce de détail. La vente en ligne peut être considérée par les commerçants comme une option pour étendre leur portée (Gläß & Leukert, 2017). Jusqu'à présent, toutefois, les grands commerces stationnaires ont eu du mal à transposer judicieusement leur stratégie à leurs activités en ligne (Zerdlck & Hefe, 2017). L'élaboration de modèles commerciaux fructueux exige de lourds investissements dans le système et une orientation client (Heinemann, 2017). L'analyse des données (voir la section Segment de clientèle) peut fournir des informations utiles sur l'orientation client, ce qui peut inciter à l'achat grâce à des offres et actions spécifiques au client. Les commerçants tentent également d'étendre leur offre avec des services supplémentaires.

Segment de clientèle : actuellement, le plus grand changement pour le segment de clientèle est sans doute la capacité des entreprises à adopter une approche omnicanale. Cependant, le client ne choisira pas fondamentalement entre les canaux de vente, mais optera pour la forme d'approvisionnement la plus pratique et la plus simple. Les entreprises qui peuvent passer d'un canal à l'autre de manière flexible ont ici un net avantage (Gläß & Leukert, 2017). L'analyse des données massives (big data analytics) permet de collecter et d'analyser de grandes quantités de données afin de proposer aux clients des produits et services personnalisés. Le principal défi réside dans la collecte et l'analyse des données, la protection des données ainsi que la communication intelligente avec les clients (Rudolph & Linzmayer, 2014). S'ils veulent répondre à la tendance à la personnalisation, les commerçants doivent garantir la traçabilité de tous les articles.

État d'avancement de la numérisation

Les entreprises qui utilisent des modèles commerciaux fondés sur Internet se lancent de plus en plus dans le commerce stationnaire et lui disputent des parts de marché. Les commerçants déjà actifs dans le domaine stationnaire sont en retard en matière de numérisation. Les principaux acteurs en Suisse se concentrent nettement sur l'automatisation des processus internes et sur de nouveaux services axés sur le client. En particulier, les grands commerçants s'efforcent d'utiliser les données dans une bien plus large mesure, afin de mieux cibler l'acquisition de clients et leur fidélisation ultérieure. L'objectif est de collecter d'énormes quantités de données sur les clients et leurs comportements (p. ex. via des cartes de fidélité, des applications mobiles ou le paiement mobile) et de les utiliser pour proposer des offres personnalisées. Ces dernières renforcent alors la compétitivité des entreprises (Rudolph & Linzmayer, 2014). Dans l'ensemble, la compétence numérique dans le commerce suisse reste à la traîne, car les entreprises abordent le sujet de façon peu efficace et doivent souvent encore numériser les processus commerciaux internes.

« La numérisation transforme le modèle traditionnel du commerce. »

(Lefkes et al., 2017)

Obstacles à la numérisation

Les petites entreprises, en particulier, n'ont souvent pas les moyens ni les compétences nécessaires pour mener à bien de grands projets de numérisation. Le respect des processus existants et une trop forte concentration sur l'assortiment font que la numérisation est souvent perçue comme une menace plutôt qu'une opportunité. De nouveaux modèles commerciaux numériques ne peuvent être mis en œuvre sans processus automatisés en plus d'un soutien approprié du système (Heinemann, 2017).

Implications pour l'avenir

La tendance à la réduction de l'espace de stockage, aux livraisons juste à temps et à la diminution de la taille des lots a bien fonctionné jusqu'à présent pour les usines et les processus existants. Cependant, ces derniers doivent impérativement être numérisés pour faire face aux changements dans le secteur du commerce. La prédominance sur le marché de certaines plateformes de commerce signifie qu'elles contrôlent largement l'accès aux clients. Inversement, les fournisseurs qui se concentrent exclusivement sur le commerce en ligne peuvent utiliser librement les multicanaux¹⁰ pour satisfaire les besoins et exigences des clients (Micha & Koppers, 2016). De nombreux commerçants seront perdants, tandis que les fabricants seront gagnants, surtout grâce à la personnalisation poussée et à l'interaction avec les clients. Les plateformes comme les portails et les places de marché en bénéficieront puisqu'elles s'adressent par ailleurs aux marchés que les fabricants ne peuvent pas approvisionner eux-mêmes. Si le commerce stationnaire intégrera toujours le conseil à ses facteurs de coût, il peut réaliser des économies grâce aux nouvelles technologies, comme les essayages de vêtements à l'aide de la réalité augmentée. Il convient de noter que, selon sa nature, la numérisation peut générer des coûts d'investissement énormes, ce qui explique pourquoi les petits fournisseurs, en particulier, doivent continuer à se spécialiser et à se démarquer de la concurrence par des concepts novateurs et des relations personnelles avec leur clientèle (Rudolph & Linzmayer, 2014).

Le commerce interentreprises (business to business, B2B) ne doit pas être sous-estimé, car des étapes intermédiaires telles que le commerce stationnaire peut être complètement évincées. En outre, le B2B est beaucoup plus avancé dans la mise en œuvre des processus commerciaux numériques que le B2C. Dans le B2C, l'accent devrait être mis sur l'utilisation et l'application intégrées des technologies numériques pour tous les canaux de vente (Radowitz, 2018). La numérisation entraîne un déplacement de la décision d'achat du magasin vers les appareils mobiles des consommateurs (Wider, 2016). L'approche omnicanale permet le shopping mobile d'aujourd'hui (Heinemann, 2017). Les consommateurs ont un pouvoir bien supérieur, qui va jusqu'à la participation au développement d'un produit final (Lefkes et al., 2017). Par ailleurs, les clients se familiarisent toujours plus avec l'univers numérique et ses canaux, une évolution dont il faut tenir toujours plus compte (Apt et al., 2016).

Le paiement mobile joue lui aussi un rôle important. Il est plus développé en Asie, où il est davantage utilisé qu'en Europe.

« La numérisation de masse a modifié le rapport de forces entre les clients et les entreprises. Les clients ont plus de pouvoir et d'influence. »
(Rudolph & Linzmayer, 2014)

7.2.3 Industrie manufacturière: industrie pharmaceutique et chimique, industrie MEM

L'industrie manufacturière suisse bénéficie d'une longue tradition et joue aujourd'hui encore un rôle important dans l'économie. En dépit des coûts salariaux élevés et de la vigueur du franc suisse, le secteur se porte bien dans l'ensemble et a été le principal moteur de croissance en Suisse en 2018 (SECO, 2019). L'accent est mis sur les deux secteurs que sont la pharmacie et la chimie d'une part, et les MEM d'autre part. Ces deux secteurs diffèrent considérablement l'un de l'autre.

7.2.3.1 Pharmacie et chimie

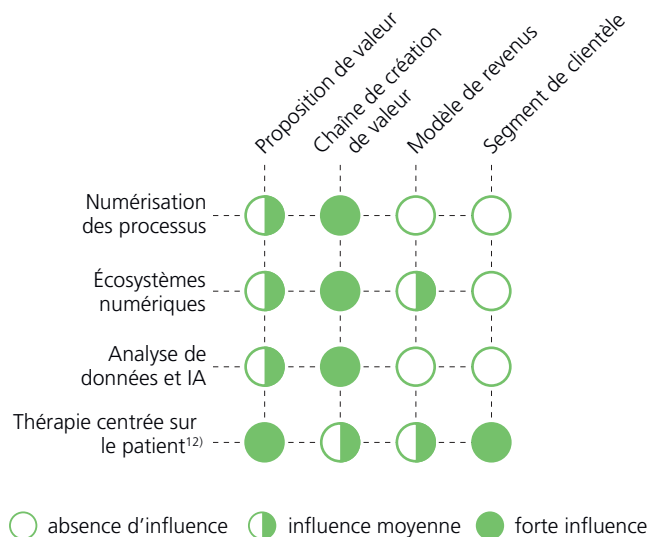
Le poids de l'industrie pharmaceutique dans l'économie suisse est très élevé et a encore augmenté au cours des dernières années (Interpharma, 2018a). Dans le secteur secondaire, la pharmacie et la chimie ont représenté la plus grande part de la croissance annuelle de la création de valeur brute (1,51 point de pourcentage en 2016) (BAK Economics AG, 2017). Par ailleurs, la pharmacie est considérée comme le secteur le plus productif de Suisse, avec une création de valeur réelle d'environ 350 francs par heure travaillée (à titre de comparaison: 138 francs pour le secteur financier) (Interpharma, 2018a). Avec un volume de 104 milliards de francs et plus de 44 % du commerce extérieur, l'industrie pharmaceutique et chimique est la première industrie d'exportation de Suisse (scienceindustries, 2019). En outre, des sociétés telles que Roche et Novartis font état d'une augmentation de leurs bénéfices en 2018, ce qui constitue un coussin financier (Handelszeitung, 2019a, 2019b).

Outre son importance pour le marché suisse, les conditions pour que l'industrie pharmaceutique et chimique suisse puisse déployer avec succès les technologies numériques ne pourraient guère être meilleures. L'industrie pharmaceutique, en particulier, applique depuis des décennies certains principes connus de lean management,¹¹ pour accroître de manière continue l'efficacité (productivité) ainsi que l'efficacité de la production (réalisation optimale des objectifs, niveau de qualité, fiabilité des fournisseurs, etc.), et pour éliminer progressivement les activités qui créent peu de valeur ou qui n'en créent pas. Au niveau de la production, cela se traduit par une grande stabilité des processus, des processus légers et une grande productivité.

¹⁰ On entend par « multicanaux » les canaux de distribution physiques et les places de marché en ligne utilisés en parallèle.

¹¹ Lean management: type de gestion visant à créer de la valeur sans gaspiller et reposant sur de nombreux principes comme celui du flux. L'élimination du gaspillage permet une efficacité et une efficacité accrues.

Graphique C 7.4 : Les tendances numériques principales et leur influence sur le modèle commercial



Source : Haute école de Rapperswil et Université de Saint-Gall

¹²⁾ Thérapie centrée sur le patient : traitement individualisé en fonction du patient sous la forme d'une prescription de médicaments et d'une planification sur mesure du traitement.

Tendances de la numérisation

Quatre tendances (voir graphique. C 7.4) ont notamment pu être dégagées dans l'industrie pharmaceutique et chimique. Chacune d'elles a une influence d'ampleur différente sur les quatre aspects du modèle commercial selon Gassmann et al. (2014). En principe, leur sphère d'influence et les efforts de numérisation qui y sont associés se concentrent sur la chaîne de création de valeur au sein des sociétés. En revanche, les répercussions sur le client, le marché et sur les produits eux-mêmes sont moins prononcées.

Proposition de valeur : la distribution de médicaments à fort chiffre d'affaires (blockbusters) reste l'approche la plus courante des sociétés pharmaceutiques actives dans la recherche (Gross, 2019). Leur développement nécessite beaucoup de temps et encore plus d'argent, ce qui se traduit par un chiffre d'affaires élevé (EY, 2018a). C'est là que se manifeste la force d'innovation classique des entreprises helvétiques. La Suisse n'est toutefois pas encore en mesure de rattraper les leaders mondiaux, notamment dans le domaine des innovations numériques (nouveaux produits et services numériques) (Deloitte, 2018). Les déclarations relatives à une possible modification de la proposition de valeur sont rares. Dans ce contexte, c'est plutôt le changement de la relation avec le client qui est évoqué (voir ci-dessous).

Chaîne de création de valeur : le passage à des écosystèmes d'innovation implique diverses collaborations avec d'autres entreprises et autorités au sein de la chaîne de création de valeur pour mieux répondre aux besoins des clients par le partage de données

et suivre une approche centrée sur le patient (BearingPoint, 2017 ; KPMG International, 2018 ; Gross, 2019 ; WEF, 2017).

En plus de commencer à changer leurs modèles commerciaux, avec toutes les répercussions que cela peut avoir sur les clients, de nombreuses sociétés pharmaceutiques concentrent leurs efforts de numérisation sur l'optimisation de la chaîne de création de valeur interne. Les technologies numériques telles que le cloud computing, le big data et les procédés d'analyses intelligentes contribuent à accroître l'efficacité (BearingPoint, 2017 ; Teigheder & Hofmann, 2018). L'analyse agrégée des données issues d'études cliniques, de recherches et de résultats de domaines connexes, combinée à l'accès aux connaissances d'experts et à la documentation spécialisée par l'intelligence artificielle, devrait rendre le développement de nouveaux médicaments nettement plus rapide, plus efficace et meilleur marché (McKinsey & Company, 2018 ; Teigheder & Hofmann, 2018). En la matière, il est crucial de tirer les informations et conclusions pertinentes d'un océan de données, c'est pourquoi les sociétés pharmaceutiques doivent travailler dur pour développer les compétences pertinentes, notamment par le biais d'acquisitions (EY, 2018b ; Teigheder & Hofmann, 2018).

En outre, la numérisation et l'automatisation de la production contribuent à accroître l'efficacité et l'efficacité. Elles permettent de supprimer des postes, notamment ceux des zones devant être conçues comme des salles blanches coûteuses en raison des réglementations en vigueur (Prozesstechnik Online, 2018). On constate que la numérisation affecte la chaîne de création de valeur des sociétés pharmaceutiques et chimiques à plusieurs niveaux.

Modèle de revenus : bien que la tendance aux écosystèmes augmente également la complexité du modèle de revenus, des changements fondamentaux tels que le paiement à l'utilisation dans l'industrie MEM ne sont pas abordés. Il n'existe que des approches isolées selon lesquelles les coûts du traitement ne sont payés par les caisses maladie que si le traitement a été efficace (paiement à la performance) (Borsch, 2018).

Il est à noter que le potentiel financier offert par la numérisation du modèle commercial n'est pas encore pleinement exploité, même par les entreprises les plus avancées de l'industrie chimique. Les entreprises suisses devraient donc se pencher de plus près sur cette question dans un avenir proche (Accenture, 2018).

Segment de clientèle : en se concentrant sur le client, c'est-à-dire en personnalisant le traitement et les médicaments, les sociétés pharmaceutiques modifient parfois radicalement les modèles commerciaux et les processus qui les sous-tendent (BAK Economics AG, 2017). Cela donne lieu à une expérience totalement nouvelle pour le patient et à une meilleure prise en charge (KPMG International, 2018). La tendance au centrage thérapeutique a par exemple été reprise par le centre d'innovation DayOne.swiss pour la médecine de précision dans le but de combiner procédures de diagnostic, plans de traitement et technologies numériques (Interpharma, 2018b). Par ailleurs, la médication personnalisée a une

incidence sur le mode de fabrication, qui doit permettre la production de plus petites quantités dans des configurations individuelles, et ce de manière décentralisée, c'est-à-dire plus près du client (Gross, 2019; Wolleb, 2019).

L'évolution des technologies numériques dans l'industrie chimique est similaire. Ces technologies offrent également des possibilités d'innover dans les modèles commerciaux pour améliorer les relations avec les clients, réduire les coûts internes grâce à des gains d'efficacité, mais aussi stimuler la croissance (Accenture, 2018; WEF, 2017).

État d'avancement de la numérisation

De manière générale, McKinsey & Company (2018) note que le niveau de numérisation de l'industrie pharmaceutique est plutôt faible par rapport aux autres secteurs (Fox et al., 2016). C'est également le cas de l'industrie chimique (Accenture, 2018). Malgré les conditions propices à la numérisation (notamment la bonne santé financière et la disponibilité de données), l'industrie pharmaceutique axée sur la recherche poursuit le même modèle commercial depuis des années (Gross, 2019). Par rapport au commerce de détail ou à l'industrie du voyage, ce secteur est considéré comme en retard sur le plan numérique (Fox et al., 2016). Cependant, il adopte de plus en plus de stratégies de numérisation pour rattraper progressivement son retard (McKinsey & Company, 2018; Teigheder & Hofmann, 2018). Au niveau international, on constate que les sociétés pharmaceutiques se trouvent à des stades de numérisation très différents, tandis que les entreprises suisses comme Novartis poursuivent depuis longtemps leurs propres stratégies spécifiques (BearingPoint, 2017).

Obstacles à la numérisation

Les obstacles à l'introduction des technologies numériques sont moins nombreux dans les caractéristiques de l'infrastructure. La forte réglementation et la bonne situation financière, ainsi que les marges sur les affaires traditionnelles qui restent élevées, n'incitent guère à remettre en question les processus et surtout la tradition. Cette absence de nécessité de changement, due à une concurrence extérieure insuffisante, peut donc être considérée comme le principal obstacle à la mise en œuvre à grande échelle des technologies numériques (Prozesstechnik Online, 2018).

Implications pour l'avenir

En résumé, on peut dire que l'industrie pharmaceutique et chimique suisse dispose d'un certain nombre de conditions nécessaires pour s'appuyer de plus en plus sur les technologies numériques telles que les processus d'analyse des big data ou l'intelligence artificielle. Elle n'a toutefois à ce jour soit pas été en mesure de satisfaire à ces exigences, soit pas ressenti la pression financière nécessaire pour le faire. La disponibilité des données n'est généralement pas un problème, car les exigences strictes ont toujours imposé une importante documentation. Les sociétés pharmaceutiques sont donc prédestinées à l'utilisation des technologies numériques. Le risque est que les méthodes d'analyse traditionnelles soient remplacées par des méthodes d'analyse modifiées et par la mise en œuvre d'une série de technologies numériques novatrices,

et que le marché devienne ainsi attractif pour les entreprises technologiques extérieures au secteur (BAK Economics AG, 2017; EY, 2018a). Les start-up en particulier y voient une occasion de proposer des solutions individuelles aux patients en se concentrant sur des indications très particulières et de disputer ainsi une partie de l'activité aux entreprises établies (BAK Economics AG, 2017).

En de nombreux endroits, les stratégies de numérisation sont devenues une priorité pour les entreprises établies (McKinsey & Company, 2018), c'est pourquoi on peut supposer que le degré de numérisation va augmenter dans un avenir proche. Les entreprises suisses doivent toutefois garder à l'esprit que les technologies numériques ne sont pas une fin en soi, mais qu'il faut toujours déterminer au cas par cas s'il est utile d'y avoir recours. Dans le même temps, il ne faut pas négliger des sujets classiques tels que la production légère, car des processus stables sont un prérequis pour que les efforts de numérisation portent leurs fruits. Il faut souligner que l'augmentation de la productivité au sein de la production a également été rendue possible par les avancées de l'industrie MEM. Comme l'industrie MEM suisse se caractérise déjà par un niveau élevé de numérisation, comme nous le verrons dans le sous-chapitre suivant, il serait opportun que d'autres secteurs, dont l'industrie pharmaceutique et chimique, suivent son exemple.

7.2.3.2. Industrie MEM

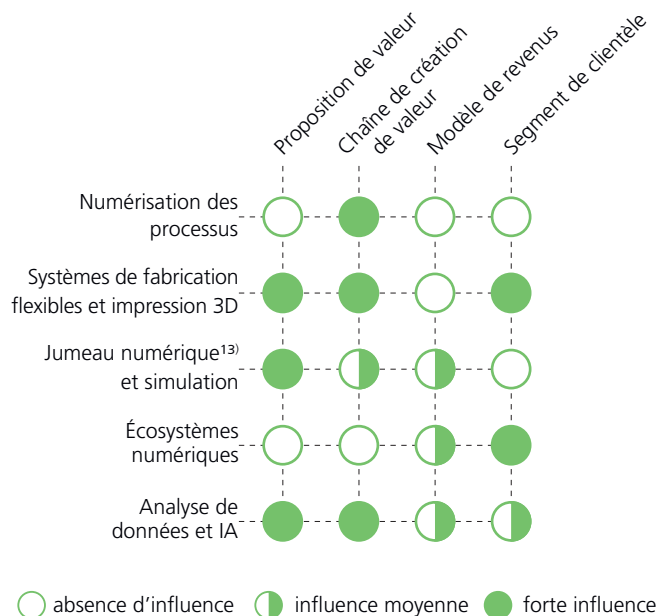
En comptant pour 7 % du PIB, l'industrie MEM suisse est le principal acteur industriel. Avec un volume d'exportation de 67 milliards de francs, elle représente près d'un tiers des exportations totales de marchandises de la Suisse. De nombreuses entreprises des secteurs de la construction mécanique et métallurgique, de la transformation des métaux, de l'électrotechnique et de l'électronique ainsi que des instruments de précision comptent parmi les fournisseurs leaders dans leur domaine au niveau mondial. Par ailleurs, l'industrie MEM comprend aussi des entreprises de secteurs d'avenir, tels que la technologie des capteurs, la photonique, la robotique et la fabrication d'additifs (Swissmem, 2019).

Tendances de la numérisation

Cinq tendances (voir graphique C 7.5) ont pu être dégagées dans l'industrie MEM. Chacune d'elles a une influence différente sur les quatre aspects du modèle commercial selon Gassmann et al. (2014). En principe, leur sphère d'influence et les efforts de numérisation qui y sont associés se concentrent sur la chaîne de création de valeur au sein des sociétés. La proposition de valeur évolue d'une simple offre de produits à des produits personnalisés avec de petits lots et des services associés. Les répercussions sur les modèles de paiement sont principalement attribuables aux tendances et aux plateformes fondées sur les données.

Proposition de valeur : depuis quelque temps déjà, les services sont inclus en tant qu'unité distincte dans la gamme des prestations offertes par les entreprises manufacturières (McKinsey & Company, 2018). À leurs yeux, la numérisation possède désormais un plus grand potentiel pour l'amélioration des performances du marché que pour celle de l'efficacité (Swissmem, 2018a). Une étude de Swissmem sur l'état d'avancement de l'industrie 4.0

Graphique C 7.5 : Les tendances numériques principales et leur influence sur le modèle commercial



Source : Haute école de Rapperswil et Université de Saint-Gall

¹³⁾ Jumeau numérique : représentation numérique d'un objet matériel ou immatériel du monde réel.

mentionne déjà la création d'avantages supplémentaires pour les clients, l'amélioration de la qualité des produits et services ainsi que la fidélisation des clients (Swissmem, 2018b). Les données déjà disponibles aujourd'hui dans la production, le stockage et, dans certains cas, également au sein des produits (Swisscom, 2018) représentent à cet égard un grand potentiel pour l'industrie MEM. Celles-ci peuvent être enrichies d'informations clients pour l'analyse des probabilités d'achat de services (p. ex. plans de maintenance, support logistique ou gestion des pièces détachées) et pour la segmentation de la clientèle (McKinsey, 2019).

La croissance des services est un moteur important pour toutes les entreprises axées sur les produits. Les progrès de la numérisation et de l'analyse offrent aux entreprises de nombreuses possibilités de croissance et d'optimisation de leurs activités de services (McKinsey, 2019).

Sont donc décisifs dans le contexte de la transformation numérique non plus uniquement les produits, mais aussi les solutions globales qui s'alignent sur le client, c'est-à-dire des ensembles de produits et services (BMW, 2017). Un avantage majeur des entreprises suisses est leur positionnement global et, partant, la possibilité de mise à l'échelle. La connaissance requise des marchés est largement disponible.

Chaîne de création de valeur : les entreprises MEM réagissent déjà aux changements induits par la numérisation en adaptant progressivement leurs structures internes à des modèles de travail

et d'organisation plus flexibles (FHS St. Gallen, 2017). Cependant, il importe moins dans ce contexte de créer des emplois attractifs ou d'éviter le chômage lié à la technologie que d'accroître la productivité (Avenir Suisse, 2017). Pour augmenter la productivité, les progrès réalisés récemment, notamment dans le secteur de la consommation, devraient être étendus aux domaines importants pour les entreprises de l'industrie manufacturière (Deloitte, 2018). C'est là qu'intervient l'industrie MEM en concevant des processus transversaux et en intégrant plus étroitement les clients et les partenaires à la chaîne de création de valeur (Swisscom, 2019). Selon la Swiss Manufacturing Survey (Friedli et al., 2018), l'augmentation de l'efficacité de la production reste le principal moteur de l'industrie 4.0. Viennent ensuite l'amélioration de l'exploitation du modèle commercial existant et le maintien de la production sur les sites à salaires élevés. L'offre de nouveaux services numériques occupe la quatrième place.

Modèle de revenus : l'un des modèles commerciaux de l'avenir est de proposer de l'air comprimé avec un système de paiement à l'utilisation. Au lieu d'acheter un compresseur, les clients paient au mètre cube d'air (Swissmem, 2018a). D'autres modèles de revenus peuvent également être développés dans les domaines de la maintenance prédictive, de la gestion des pièces C¹⁴ et de la gestion des ressources. Le fait de proposer des modèles commerciaux numériques via une plateforme (Platform as a Service, PaaS) permet également de tester facilement de nouvelles idées et de les commercialiser rapidement (Swisscom, 2018). Si le chiffre d'affaires de l'intelligence artificielle est encore marginal à l'heure actuelle, il devrait connaître une croissance exponentielle dans les années à venir (Swisscom / MSM research, 2018). Une étude de McKinsey part du principe que le chiffre d'affaires des services doublera au cours des trois à cinq prochaines années pour les équipementiers (Original Equipment Manufacturers, OEM) sans investissements supplémentaires, développements de produits, ni programmes de réduction des coûts (McKinsey, 2019). Dans certains secteurs de l'industrie MEM, l'accent est actuellement mis uniquement sur la conquête de parts de marché. Cependant, de nouveaux modèles commerciaux ont permis de mettre au point des modèles de revenus supplémentaires.

Segment de clientèle : dans le cadre de la transformation numérique, les entreprises se concentrent sur leurs services marchands (Swissmem, 2018a). Il en résulte un nouveau potentiel de création de valeur grâce à l'intégration des clients et des partenaires (Swisscom, 2018). Les clients d'aujourd'hui attendent une qualité accrue, des produits personnalisés et des délais de livraison courts. En outre, une plus grande transparence sur le marché confère plus de pouvoir aux clients (BMW, 2017). Les entreprises industrielles suisses sont exposées aux fluctuations croissantes du marché en raison de l'évolution des besoins des clients et des incertitudes liées à la demande (FHS St. Gallen, 2017).

¹⁴ Pièces C : articles de faible valeur, mais qui, en raison de leur grande quantité, représentent une part importante des coûts d'approvisionnement (p. ex. vis et rondelles).

État d'avancement de la numérisation

Selon différentes enquêtes, une forte proportion des entreprises industrielles suisses sont déjà engagées dans la numérisation (Swissmem, 2018a) et la plupart ont déjà mis en œuvre au moins un projet dans le domaine de l'industrie 4.0 (Swissmem, 2018b). Cela signifie que la transformation numérique de l'industrie suisse bat son plein. Il existe déjà de nombreux cas d'utilisation tout au long de la chaîne de création de valeur dans le cadre de l'Internet des objets et de l'industrie 4.0 (Bitkom, 2017). La mise en réseau et l'équipement intelligent des machines en font partie. Cela permet de continuer à accéder à une machine après sa livraison au client et ainsi d'améliorer les processus de maintenance, d'optimiser la disponibilité et d'introduire des modèles de paiement qui dépendent des bénéfices.

Obstacles à la numérisation

Les principaux obstacles à la mise en œuvre de l'industrie 4.0 sont le manque de ressources en personnel, la réticence des clients à fournir des données et un calcul peu clair de la rentabilité (Swissmem, 2018b). En ce qui concerne les ressources en personnel, le principal obstacle est d'attirer de la main-d'œuvre étrangère qualifiée en Suisse. D'autres obstacles résident dans la cybersécurité et le manque de ressources financières.

Implications pour l'avenir

En raison de la situation des coûts en Suisse, les entreprises ont rapidement été contraintes de recourir à l'automatisation et d'accélérer la numérisation en interne. Il en résulte un fort potentiel d'enrichissement de l'offre de services et donc de résolution des problèmes de chaque client. Cependant, la création de modèles commerciaux exige de développer une culture de start-up avec pour maîtres-mots le courage de prendre des risques, l'ouverture d'esprit, la coopération et la curiosité. Bien que la Suisse dispose de hautes écoles et d'institutions de recherche leaders au niveau mondial et travaille en étroite collaboration avec l'industrie MEM, il y a encore trop peu de diplômés possédant des compétences technologiques et informatiques. Selon certains cadres dirigeants de l'industrie MEM, les profils requis ne sont actuellement pas disponibles en nombre suffisant (McKinsey & Company, 2018). Une transformation numérique réussie exigera également une attention particulière accordée à la gestion du changement ainsi que la définition d'une stratégie en matière de personnel pour l'ensemble de l'entreprise (IDG Communications, 2018). Les directeurs généraux de l'information et les cadres dirigeants du secteur informatique joueront un rôle central dans ces deux domaines.

7.3 Conclusions

Le regard porté sur les trois segments que sont la banque et l'assurance, le commerce ainsi que l'industrie manufacturière, avec l'accent mis sur les modèles commerciaux numériques, permet de dresser un tableau différencié. D'une manière générale, on peut dire que le haut niveau de formation et, dans certains cas, l'excellent positionnement de la Suisse sur le marché permettent à notre pays de maîtriser le passage aux modèles commerciaux nu-

mériques. Le positionnement de départ et la force des entreprises, en particulier dans les secteurs de la banque, de l'assurance et de la pharmacie, peuvent constituer un avantage. Il y a évidemment des différences sectorielles. En ce qui concerne l'introduction des technologies numériques au sein de l'entreprise, la Suisse peut être compétitive au niveau mondial, en particulier dans l'industrie MEM. Les sociétés suisses créent des modèles commerciaux novateurs. L'industrie pharmaceutique rattrape rapidement son retard dans ce domaine, tandis que les autres acteurs sur le plan international ne font que des progrès sporadiques. Dans le commerce, la mise en œuvre de la numérisation a été façonnée avant tout par la concurrence entre le commerce en ligne et hors ligne de ces dernières années.

L'excellence opérationnelle comme base

Actuellement, c'est la numérisation qui a la plus grande influence sur la chaîne de création de valeur. La mise en œuvre de modèles commerciaux numériques est relativement longue. De nombreuses technologies numériques partent directement de la chaîne de création de valeur et modifient le modèle commercial principalement d'un point de vue interne, avec une efficacité accrue et une meilleure qualité des données. Pour ces raisons, l'excellence opérationnelle est considérée comme la base de la numérisation (Müller, 2018).

L'excellence opérationnelle et la disponibilité de données de qualité suffisante sont des conditions préalables à tout effort de numérisation dans les trois segments.

Surmonter les obstacles

Parmi les secteurs analysés, c'est l'industrie MEM qui se concentre le plus sur la mise en œuvre de nouveaux modèles commerciaux. Les banques et les assurances se trouvent encore dans une bonne situation en matière de marges avec leurs produits classiques et le développement/perfectionnement de produits traditionnels. En outre, les réglementations protègent les entreprises établies contre la concurrence étrangère, tandis que les start-up de FinTech, par exemple, se concentrent principalement sur l'optimisation de certains produits et processus.

Il est important de noter que les modèles commerciaux numériques ne se substituent généralement pas à l'ensemble des activités existantes : si certains produits et services peuvent être partiellement remplacés par des solutions numériques, ces innovations doivent souvent être considérées comme complémentaires. Par conséquent, il faut acquérir des compétences et créer des processus et des mécanismes pour développer des modèles commerciaux numériques et interagir avec ceux qui existent déjà. Les changements induits par les nouvelles technologies peuvent être énormes. La peur de la perte d'emploi et du changement en général fait naître des résistances internes qu'il faut surmonter. Surtout dans les banques et les assurances, notamment parce qu'elles n'offrent pas de produits physiques, on craint que les nouveaux services numériques ne cannibalisent des services rentables. Ce point s'observe dans tous les secteurs. La gestion du changement dans la transformation numérique est extrêmement exigeante et complexe, tant du point de vue interne que de celui du marché.

Une façon de surmonter ces obstacles est de coopérer avec les start-up. Les sociétés pharmaceutiques acquièrent régulièrement des start-up si celles-ci peuvent renforcer leurs activités de manière stratégique. D'autres organisations créent elles-mêmes des spin-off pour exploiter leurs avantages spécifiques (flexibilité, pensée entrepreneuriale et esprit d'innovation). L'une des conclusions de cette étude est qu'il n'existe pas encore de stratégie dominante quant à la meilleure façon dont les entreprises établies peuvent coopérer au mieux avec les start-up, ni quant à l'opportunité d'intégrer ces dernières à des structures existantes. Il y a ici un fort potentiel de professionnalisation de la collaboration et de création d'écosystèmes pour le développement efficace et efficient de nouveaux produits et services. L'une des nombreuses raisons pour lesquelles la collaboration avec les start-up gagne en importance aujourd'hui est l'attrait qu'elles présentent pour le personnel qualifié, ce que de nombreuses entreprises suisses recherchent actuellement.

Programmes de recherche publics

La numérisation en Suisse peut et doit s'appuyer sur des directives ou des mécanismes d'encouragement appropriés. Le programme d'impulsion « Numérisation » lancé par Innosuisse fin 2018 est un bon exemple d'encouragement de l'innovation dans les entreprises. En outre, la Nouvelle politique régionale (NPR), entrée en vigueur en 2008, débloque des fonds d'encouragement pour les PME du secteur industriel qui doivent être utilisés pour des projets de numérisation.

Formation

La Suisse possède un excellent système de formation, qui produit chaque année quelque 3500 diplômés dans les filières technologiques importantes pour la numérisation (OFS, 2018f; McKinsey & Company, 2018). Cependant, cela ne suffit pas à satisfaire le besoin en personnel qualifié dans le domaine des technologies et de l'informatique. Une augmentation serait donc souhaitable. À cette fin, il convient non seulement de développer la formation dans les filières concernées des universités et des hautes écoles spécialisées, mais également d'intégrer davantage la thématique de la numérisation au système de formation dans son ensemble. De premiers programmes prioritaires sont actuellement mis en œuvre. La population du canton de Saint-Gall, par exemple, a accepté d'investir dans une offensive globale de formation à l'informatique. Ce programme unique en Suisse renforce la formation à tous les niveaux, de manière globale et durable (Kölliker, 2019). La forte adhésion populaire à cet investissement atteste par ailleurs l'acceptation croissante de la transformation numérique dans la société.

Bilan

L'étude recommande qu'en plus de développer continuellement les filières technologiques, de renforcer les thèmes numériques dans l'ensemble du système de formation et de poursuivre les mécanismes publics d'encouragement, les entreprises continuent à intensifier leurs efforts de numérisation en ce qui concerne les nouveaux modèles commerciaux. Cela doit reposer sur une gestion globale du changement. Les collaborateurs sont au cœur de ce

changement. L'excellence opérationnelle des processus et l'amélioration de la qualité des données sont à la base des modèles commerciaux numériques novateurs.

« Il apparaît que la numérisation modifiera aussi la communication et donc la culture des organisations.

La communication est un instrument déterminant pour rencontrer les gens et leur témoigner de l'estime.

Il convient de prêter une attention particulière à cet aspect. »

(Wörwag & Cloots, 2018)

7.4 Méthodologie

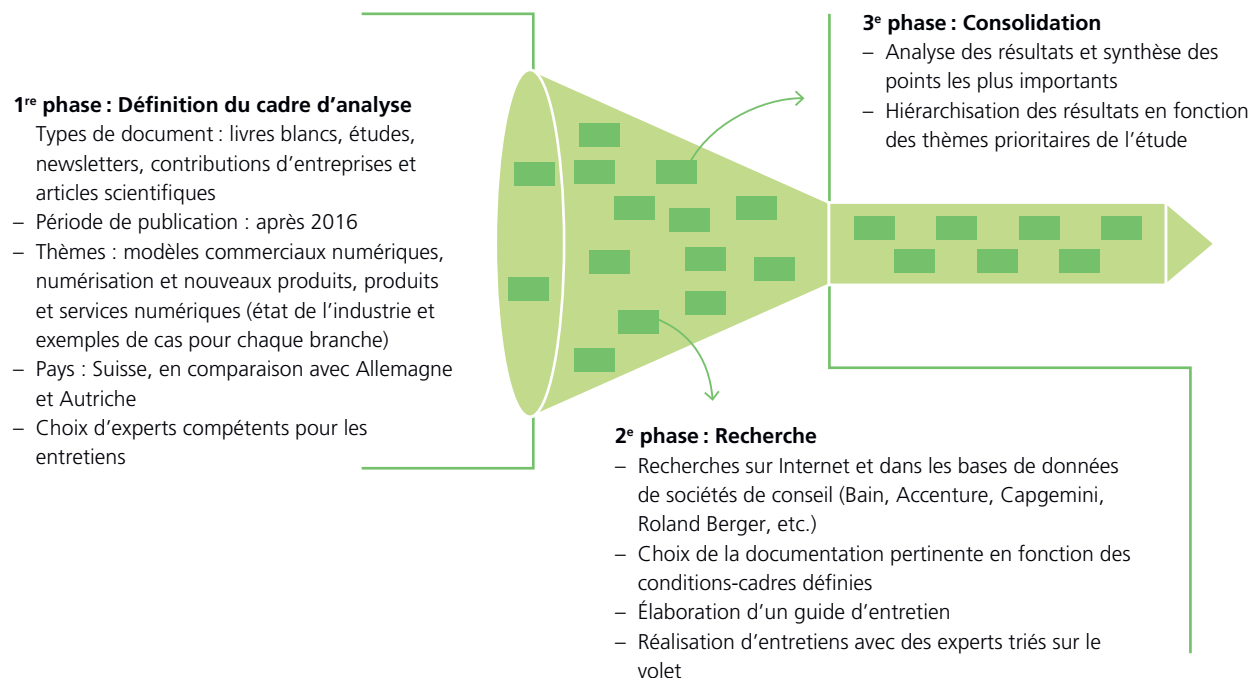
Comme annoncé en introduction dans l'encadré relatif à la méthodologie, voici une présentation plus détaillée de l'approche adoptée. De manière générale, la procédure se subdivise en trois phases, telles que représentées à la figure C 7.6.

1^{re} phase: Définition du cadre d'analyse

La première phase comprenait la définition des conditions-cadres qui allaient servir à l'analyse documentaire dans un deuxième temps, ainsi qu'à la sélection des experts. D'une part, il a été décidé que l'étude se concentrerait sur des dossiers factuels, d'autres études, des lettres d'information, des contributions d'entreprises et des articles publiés après 2016. D'autre part, des mots-clés spécifiques au thème ont été identifiés pour les recherches documentaires.

Conformément à l'objectif de l'étude, l'accent a été mis sur les domaines suivants: modèles commerciaux numériques, numérisation et nouveaux produits, ainsi que produits et services numériques. La deuxième phase a porté sur la recherche de la documentation pertinente, en combinaison avec les intitulés des différents secteurs et d'autres termes tels que « statut », « obstacles », « tendance », « points forts et points faibles », etc.

La sélection des experts adéquats pour les entretiens faisait déjà partie de la première phase. Conformément à des procédures reconnues, les personnes ont été sélectionnées et contactées sur la base de leur appartenance à un secteur, de leur expertise, de leur localisation organisationnelle ainsi que de leur accessibilité (voir Theoretical Sampling (Corbin & Strauss, 2009; Miles & Huberman, 2007)). Dans ce contexte, la localisation organisationnelle signifie que les personnes sélectionnées étaient en mesure de donner une opinion d'expert crédible sur l'état de la numérisation dans le secteur, en raison soit de leur appartenance à une université ou à une association, soit de leur position dans l'entreprise. Neuf experts ont accepté de se prêter à un entretien, lequel s'est déroulé au cours de la deuxième phase.

Graphique C 7.6 : Démarche méthodique

Source : Haute école Rapperswil et Université de Saint-Gall

2^e phase : Recherche

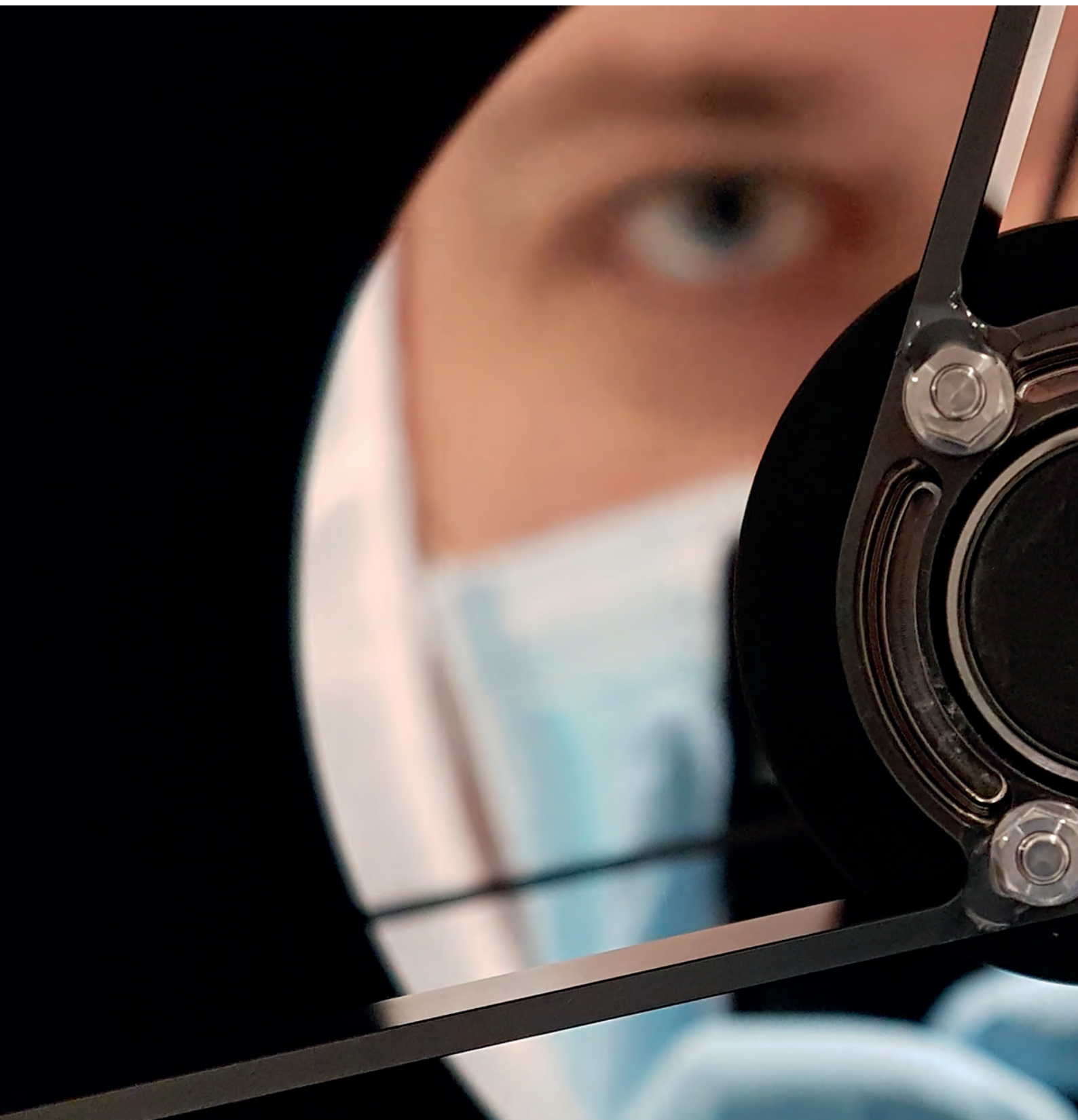
La recherche documentaire a été menée dans le prolongement de la préparation effectuée lors de la première phase. Les résultats ont été identifiés et évalués d'abord en fonction de leur pertinence pour l'étude. Une fois les résultats moins pertinents éliminés, les résultats restants ont été passés en revue et les principales conclusions ont été consignées sous forme de tableau. Ce recueil de déclarations et d'informations a été classé selon les quatre domaines d'un modèle commercial selon Gassmann et al. (2014) et en fonction de la description de leurs points forts et de leurs points faibles ainsi que des opportunités et des risques. La vue d'ensemble des résultats préliminaires a servi de base à l'élaboration d'un questionnaire semi-structuré. Pour assurer la comparabilité des réponses, ce questionnaire a été utilisé dans les neuf entretiens avec des ajustements minimes spécifiques au secteur. Étant donné qu'aucun enregistrement sonore n'était souhaité et que les entretiens étaient généralement menés par des binômes, les responsables des entretiens ont examiné et complété mutuellement leurs notes après les entretiens. Ces comptes rendus étaient essentiels pour la triangulation avec les résultats de l'analyse documentaire, afin de consolider les déclarations importantes au cours de la troisième phase.

3^e phase : Consolidation

Lors de la dernière étape, les résultats de l'analyse documentaire et des entretiens ont été résumés. Les tendances, déclarations et informations importantes ainsi que les obstacles et implications ont été consolidés pour chaque secteur. En outre, des aspects plus généraux, tels que les commentaires sur la pénurie de personnel qualifié, ont été soulignés. Il est à noter qu'aucune analyse quan-

titative ne peut servir de base pour définir les grandes tendances, les obstacles et les implications. Par conséquent, seule une analyse qualitative a été réalisée pour déterminer quelles déclarations revenaient le plus souvent et étaient considérées comme particulièrement importantes. Aucune garantie d'une évaluation définitive ne peut donc être donnée ici. Les entretiens et la confrontation des résultats avec ceux d'autres études semblent toutefois étayer les conclusions.

Enfin, l'information a été synthétisée et reformulée pour donner naissance à l'étude.



ANNEXE



Très active dans le domaine spatial, la Suisse compte parmi les membres fondateurs de l'Agence spatiale européenne (ESA). Sa participation aide à renforcer les compétences clés des établissements de recherche et de l'industrie suisses, et permet au pays d'élargir son domaine d'expertise. La mission CHEOPS, qui a débuté en 2019, constitue un bon exemple de ce perfectionnement. CHEOPS est un télescope spatial installé sur une plateforme satellite. Il a été conçu et assemblé par l'Université de Berne, en étroite collaboration avec l'Université de Genève. Il s'agit de la première mission menée conjointement par la Suisse et l'ESA. Elle devrait apporter de nouvelles connaissances sur les exoplanètes, les planètes qui se situent en dehors de notre système solaire. Cette mission constitue une étape importante qui permettra de déterminer si d'autres planètes pourraient être habitables. Illustration : Université de Berne

Annexe 1 – Bibliographie

- Abrassart, A., Busemeyer, M. R., Cattaneo, M. A. & Wolter, S. C. (2017): Do migrants prefer academic to vocational education? The role of rational factors vs. social status considerations in the formation of attitudes toward a particular type of education in Switzerland. Zurich: Universität de Zurich.
- Acatech (2018): Smart Service Welt 2018 Report – Wo stehen wir? Wohin gehen wir? München: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Accenture (2018): Catalyzing the New: Driving Growth in the Chemical Industry. Disponible sur: www.accenture.com/us-en/insights/chemicals/catalyzing-the-new-chemicals [05.12.2019].
- Acemoglu, D. & Akcigit, U. (2012): Intellectual Property Rights: Policy, Competition and Innovation. In: *Journal of the European Economic Association*, 10, pp. 1–42.
- Aeppli, M., Angst, V., Iten, R., Kaiser, H., Lüthi, I. & Schweri, J. (2017): Die Entwicklung der Kompetenzerfordernisse auf dem Arbeitsmarkt im Zuge der Digitalisierung. In: *Arbeitsmarktpolitik* 47 (Band 11.2017). Berne: Secrétariat d'État à l'économie SECO.
- Affentranger, M. (2018): Rencontre. In: *L'uniscope* 630. Lausanne: Université de Lausanne (UNIL).
- Ambos, T. C., Makela, K., Birkinshaw, J. & D'Este, P. (2008): When Does University Research Get Commercialized? Creating Ambidexterity in Research Institutions. In: *Journal of Management Studies*, 45(8), pp. 1424–1447.
- Angrist, J. D. & Pischke, J.-S. (2010): The Credibility Revolution in Empirical Economics: How Better Research Design Is Taking the Con out of Econometrics. In: *Journal of Economic Perspectives* 24(2), pp. 3–30.
- Ankenbrand, T., Dietrich, A. & Bieri, D. (éd.) (2019): Schriften aus dem Institut für Finanzdienstleistungen Zug IFZ: Vol. 2018. IFZ FinTech Study: An overview of Swiss FinTech. Zug: Hochschule Luzern, Institute of Financial Services Zug.
- Ankrah, S., Burgess, T. F., Grimshaw, P. & Shaw, N. E. (2013): Asking both university and industry actors about their engagement in knowledge transfer: What single-group studies of motives omit. In: *Technovation*, 33(2), pp. 50–65.
- Apt, W., Bovenschulte, M., Hartmann, E. & Wischmann, S. (2016): Foresight-Studie «Digitale Arbeitswelt». Berlin: Institut für Innovation und Technik, im Auftrag vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Disponible sur: www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsmarkt/fb-463-digitale-arbeitswelten.html [05.12.2019].
- Arora, A., Ceccagnoli, M. & Cohen, W. M. (2008): R&D and the Patent Premium. In: *International Journal of Industrial Organization* 26(5), pp. 1153–1179.
- Arundel, A., Es-Sadki, N., Barjak, F., Perrett, P. & Samuel, O. (2013): Knowledge Transfer Study 2010 – 2012. Final Report. Bruxelles: Commission Européenne, DG Recherche & Innovation. Disponible sur: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/knowledge_transfer_2010-2012_report.pdf [25.01.2019].
- Arvanitis, S. & Hollenstein, H. (2012): Innovationsaktivitäten der Schweizer Wirtschaft. Determinanten – Auswirkungen – Förderpolitik. Zurich et Coire: Rüegger.
- Arvanitis, S. & Seliger F. (2011): Innovationsaktivitäten im Gesundheitsbereich. In: *Innovationsaktivitäten in der Schweizer Wirtschaft: eine Analyse der Ergebnisse der Innovationserhebung*. Zurich: Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ.
- Arvanitis, S., Donzé, L. & Sydow, N. (2010): Impact of Swiss technology policy on firm innovation performance: an evaluation based on a matching approach. In: *Science and Public Policy*, 37(1), pp. 63–78.
- Arvanitis, S., Kubli, U. & Wörter, M. (2008c): University-industry knowledge and technology transfer in Switzerland: What university scientists think about co-operation with private enterprises. In: *Research Policy*, 37(10), pp. 1865–1883.
- Arvanitis, S., Ley, M. C. & Wörter, M. (2012): Knowledge and Technology Transfer between Universities and Private Enterprises in Switzerland 2011 – An Analysis Based on Firm and Institute Data. In: *KOF Studies*, 37. Zurich: Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ.
- Arvanitis, S., Seliger, F., Spescha, A., Stucki, T. & Wörter, M. (2017a): Innovationskraft der Schweizer Unternehmen schwindet. In: *Die Volkswirtschaft*, 90 (11), pp. 58–60.
- Arvanitis, S., Seliger, F., Spescha, A., Stucki, T. & Wörter, M. (2017b): Die Entwicklung der Innovationsaktivitäten in der Schweizer Wirtschaft 1997–2017. Étude réalisée sur mandat du SECO, Strukturberichterstattung Nr. 55, Berne.
- Arvanitis, S., Seliger, F., Veseli, K. & Wörter, M. (2015): Patentportfolio Schweiz. In: *KOF Studies*, 6. Zurich: Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ.
- Arvanitis, S., Sydow, N. & Wörter, M. (2008a): Is there any Impact of University–Industry Knowledge Transfer on Innovation and Productivity? An Empirical Analysis Based on Swiss Firm Data. In: *Review of Industrial Organization*, 32(2), pp. 77–94.
- Arvanitis, S., Sydow, N. & Wörter, M. (2008b): Do specific forms of university-industry knowledge transfer have different impacts on the performance of private enterprises? An empirical analysis based on Swiss firm data. In: *The Journal of Technology Transfer*, 33(5), pp. 504–533.
- ASTPPROTON (2018): ASTP 2018 Survey Report on Knowledge Transfer Activities in Europe. Financial Year 2016. Disponible sur: www.astp4kt.eu/resource-center/publications/ [05.12.2019].
- Avenir Suisse (2017): Wenn die Roboter kommen: Den Arbeitsmarkt für die Digitalisierung vorbereiten. Zürich.
- Azoulay, P., Fuchs, E., Goldstein, A., Kearney, M. (2018): Funding Breakthrough Research: Promises and Challenges of the «ARPA Model». NBER Working Paper No. 24674.
- Backes-Gellner, U. & Geel, R. (2013): A comparison of career success between graduates of vocational and academic tertiary education. In: *Oxford Review of Education*, 40(2), pp. 266–291.

- Backes-Gellner, U. & Rupietta, C. (2018): How firms' participation in apprenticeship training fosters knowledge diffusion and innovation. In: *Journal of Business Economics* (zuerst online veröffentlicht am 12.12.2018).
- Backes-Gellner, U. & Tuor, S. N. (2010): Risk – return trade – offs to different educational paths. Vocational, academic and mixed. In: *International Journal of Manpower*, 31(5), pp. 495–519.
- Backes-Gellner, U. (1996): *Betriebliche Bildungs- und Wettbewerbsstrategien im deutsch-britischen Vergleich*. München: Mering: Rainer Hampp Verlag.
- Backes-Gellner, U. (2017): Die Rolle der dualen Berufsausbildung für das Innovationssystem in Deutschland. In: Burr, W., Stephan, M. (éd.): *Technologie, Strategie und Organisation*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, pp. 171–180.
- Backes-Gellner, U., Kluike, M., Pull, K., Schneider, M. R. & Teuber, S. (2016): Human resource management and radical innovation. A fuzzy-set QCA of US multinationals in Germany, Switzerland, and the UK. In: *Journal of Business Economics*, 86(7), pp. 751–772.
- Backes-Gellner, U., Rupietta, C. & Tuor Sartore, S. N. (2017): Reverse educational spillovers at the firm level. In: *Evidence-based HRM: a Global Forum for Empirical Scholarship*, 5(1), pp. 80–106.
- Backes-Gellner, U., Tuor, S. N. & Wettstein, D. (2010): Differences in the educational paths of entrepreneurs and employees. In: *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 2(2), pp. 83–105.
- BAK Economics AG (2017): The Importance of the Pharmaceutical Industry for Switzerland. Étude réalisée sur mandat d'Interpharma. Disponible sur: www.bak-economics.com/fileadmin/documents/reports/BAK_Economics_Polynomics_Interpharma_Bedeutungsstudie_e.pdf [05.12.2019]
- Baldegger, R., Alberton, S., Gaudart, R., Huber, A. & Wild, P. (2019): *Global Entrepreneurship Monitor 2018/2019: Länderbericht Schweiz*. Fribourg: Haute école de gestion HEG-FR.
- Baldini, N. (2010): Do royalties really foster university patenting activity? An answer from Italy. In: *Technovation*, 30(2), pp. 109–116.
- Balestra, S. & Backes-Gellner, U. (2017): Heterogeneous returns to education over the wage distribution. Who profits the most? In: *Labour Economics*, 44, pp. 89–105.
- Bariso, J. (2019): Amazon Almost Killed Best Buy. Then, Best Buy Did Something Completely Brilliant. Disponible sur: www.inc.com/justin-bariso/amazon-almost-killed-best-buy-then-best-buy-did-something-completely-brilliant.html [05.12.2019]
- Barjak, F., Es-Sadki, N. & Arundel, A. (2015): The effectiveness of policies for formal knowledge transfer from European universities and public research institutes to firms. In: *Research Evaluation*, 24(1), pp. 4–18.
- BearingPoint (2017): Digitalisierung in der Pharmaindustrie. Disponible sur: www.bearingpoint.com/files/CHEManager_Expertenbeitrag_Dillmann_Kahl_7_2017.pdf?download=0&itemId=462366 [05.12.2019]
- Bechtold, S. (2016): 3D Printing, Intellectual Property and Innovation Policy. In: *International Review of Intellectual Property and Competition Law* 47, pp. 517–536.
- Beck, M. & Schenker-Wicki, A. (2014): Cooperating with external partners: the importance of diversity for innovation performance. In: *European Journal of International Management* 8, pp. 548–569.
- Beck, M., Junge, M. & Kaiser, U. (2018): Public Funding and Corporate Innovation. In: *KOF Working Papers*, ETH Zürich Research Collection. Zurich: Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ. Disponible sur: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000227682> [05.12.2019]
- Beck, M., Lopes-Bento, C. & Schenker-Wicki, A. (2016): Radical or incremental: Where does R&D policy hit? In: *Research Policy* 45, pp. 869–883.
- Becker, B. (2015): Public R&D Policies and Private R&D Investment: A Survey of the Empirical Evidence. In: *Journal of Economic Surveys*, 29(5), pp. 917–942.
- Becker, G. S. (1962): Investment in human capital: a theoretical analysis. In: *Journal of Political Economy*, 70(5, Part 2), pp. 9–49.
- Blind, K., Edler, J., Frietsch, R. & Schmoch, U. (2006): Motives to Patent: Empirical Evidence from Germany. In: *Research Policy* 35, pp. 655–672.
- BMW (2017): *Digitale Geschäftsmodelle. Themenheft Mittelstand-Digital*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- BMW (2019): www.bmw.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190717-rafael-laguna-de-la-vera-soll-gruendungsdi- rektor-der-agentur-fuer-sprunginnovationen-werden.html [28.08.2019].
- Boardman, P. C. & Corley, E. A. (2008): University research centers and the composition of research collaborations. In: *Research Policy*, 37(5), pp. 900–913.
- Boardman, P. C. & Gray, D. O. (2010): The new science and engineering management: cooperative research centers as government policies, industry strategies, and organizations. In: *The Journal of Technology Transfer*, 35(5), pp. 445–459.
- Boardman, P. C. (2009): Government centrality to university–industry interactions: University research centers and the industry involvement of academic researchers. In: *Research Policy*, 38(10), pp. 1505–1516.
- Boersma, T. (2016): Erfolgsfaktoren der digitalen Transformation. In: G. Heinemann, H. M. Gehrckens & U. J. Wolters (éd.): *Digitale Transformation oder digitale Disruption im Handel* (pp. 509–528). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-658-13504-1_24 [05.12.2019]
- Boldrin, M. & Levine, D.K. (2013): The Case Against Patents. In: *Journal of Economic Perspectives* 27, pp. 3–22.
- Bolli, T. & Hof, S. (2018): The impact of work-based education on non-cognitive skills. In: *Journal of Research in Personality*, 75, pp. 46–58.
- Bolli, T. & Renold, U. (2017): Comparative advantages of school and workplace environment in skill acquisition. In: *Evidence-based HRM: a Global Forum for Empirical Scholarship*, 5(1), pp. 6–29.

- Bolli, T., Caves, K. M., Renold, U. & Buergi, J. (2018a): Beyond employer engagement. Measuring education-employment linkage in vocational education and training programmes. In: *Journal of Vocational Education & Training*, 70(4), pp. 1–40.
- Bolli, T., Renold, U. & Rageth, L. (2018b): *Der soziale Status der Berufsbildung in der Schweiz*. Zurich: Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ.
- Bolli, T., Renold, U. & Wörter, M. (2017): Vertical educational diversity and innovation performance. In: *Economics of Innovation and New Technology*, 27(2), pp. 107–131.
- Bonander, C., Jakobsson, N., Podestà, F. & Svensson, M. (2016): Universities as engines for regional growth? Using the synthetic control method to analyze the effects of research universities. In: *Regional Science and Urban Economics*, 60, pp. 198–207.
- Bonnard, A. & Forster, N. (2017): Soziale Innovation in der Schweiz: Nachdenken über die Zukunft. In: *Perspektiven sozialer Innovation* (éd.): Blattmann, L. Zürich: Arcas Foundation, pp. 33–42.
- Borg, A., Bürgi, M., Fahlenbrach, R., Filipovic, D., Karrer, N. & Weinrich, W. (2019): Digital Pulse Check 3.0: Switzerland vs. Europe. Zurich: Swiss finance institute et zeb. Disponible sur: https://www.sfi.ch/resources/public/dtc/media/studie_dpc-en-lowres.pdf [09.12.2019]
- Borsch, J. (2018, August 8): Pay for performance: Das Erstattungsmodell der Zukunft? DAZ.Online. Disponible sur: www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2018/08/08/pay-for-performance-das-erstattungsmodell-der-zukunft [09.12.2019]
- Bosma, N., Kelley, D. (2019). *Global Entrepreneurship Monitor 2018/2019: Global Report*.
- Bradley, S. R., Hayter, C. S. & Link, A. N. (2013): Proof of Concept Centers in the United States: an exploratory look. In: *The Journal of Technology Transfer*, 38(4), pp. 349–381.
- Brändle, T. & Colombier, C. (2017a): Ausgabenprojektionen für das Gesundheitswesen bis 2045., EFV Arbeitspapier Nr. 21. Berne: Administration fédérale des finances.
- Brändle, T. & Colombier, C. (2017b): Hausse des dépenses de santé: la démographie n'est pas seule en cause, In: *La Vie Economique*, n°3, pp.11–15.
- Brunt, L., Lerner, J. & Nicholas, T. (2012): Inducement Prizes and Innovation. In: *Journal of Industrial Economics* 60, pp. 657–696.
- Brynjolfsson, E. & Mc Afee, A. (2017): Artificial intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics, NBER Conference on Research Issues in Artificial Intelligence. University of Toronto.
- Buccafusco, C., Bechtold, S. & Sprigman, C. (2017): The Nature of Sequential Innovation. In: *William & Mary Law Review* 59, pp. 1–79.
- Buchs, H. & Buchmann, M. (2017): Job vacancies and unemployment in Switzerland 2006–2014: Labor market mismatch and the significance of labor market tightness for unemployment duration. Berne: Secrétariat d'État à l'économie SECO.
- Budish, E., Roin, B. N. & Williams, H. (2015): Do Firms Underinvest in Long-Term Research? Evidence from Cancer Clinical Trials. In: *American Economic Review* 105, pp. 2044–2086.
- Burk, D. L. & Lemley, M. A. (2009): *The Patent Crisis and How the Courts Can Solve It*. Chicago.
- Busemeyer, M. R. & Trampusch, C. (2012): The comparative political economy of collective skill formation. In: Busemeyer, M. R., Trampusch, C. (éd.): *The political economy of collective skill formation*. Oxford: Oxford University Press, pp. 3–38.
- Business Research Development Innovation Survey (2009): Sample Survey Questionnaire. Disponible sur: www.nsf.gov/statistics/srvyindustry/about/brdis/surveys/srvybrdis_2009.pdf [09.12.2019]
- Caldera, A. & Debande, O. (2010): Performance of Spanish universities in technology transfer: An empirical analysis. In: *Research Policy*, 39(9), pp. 1160–1173.
- Canton de Berne (2015): Premier financement privé des prestations sociales, Communiqué de presse du 16 juin 2015. Berne: Canton de Berne, Direction de la santé publique et de la prévoyance sociale.
- Canton de Zurich / BAK, Direction de l'économie (éd.) (2016): *Finanzplatz Zürich 2016/2017, Monitoring, Prognosen, Digitalisierung und Industrialisierung am Finanzplatz Zürich*. Étude de l'Office cantonal du développement économique et de l'emploi du canton de Zurich et du service de développement urbain de la Ville de Zurich. Processus du projet: BAK Basel Economics AG
- Cattaneo, M. A. & Wolter, S. C. (2016): Die Berufsbildung in der Pole-Position. Die Einstellungen der Schweizer Bevölkerung zum Thema Allgemeinbildung vs. Berufsbildung. Aarau: Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation CSRE/SKBF.
- Cattaneo, M. A. (2011): New estimation of private returns to higher professional education and training. In: *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 3(2), pp. 71–84.
- Caves, K. & Renold, U. (2016): The employer's dilemma: Employer engagement and progress in vocational education and training reforms. Zurich: ETHZ.
- Chatagny, F., Koethenbueger, M. & Stimmelmayer, M. (2017): Introducing an IP License Box in Switzerland: Quantifying the Effects. In: *International Tax & Finance* 24, pp. 927–961.
- Chesbrough, H.W. (2003): The era of open innovation. In: *Mit Sloan Management Review* 44, pp. 35–41.
- Coase, R. H. (1974): The Lighthouse in Economics. In: *Journal of Law and Economics* 17, pp. 357–376.
- Cockburn, I., Henderson R. & Stern S. (2017): The impact of artificial intelligence on innovation, NBER Conference on Research Issues in Artificial Intelligence. Toronto: University of Toronto.
- Cohen, W. M. & Levin, R. C. (1989): Chapter 18: Empirical Studies of Innovation and Market Structure. In: Schmalensee, R. & Willig, R. (éd.): *Handbook of Industrial Organization*, Band 2, pp. 1059–1107. Den Haag.
- Comino, S., Manenti, F. & Thumm, N. (2019): The Role of Patents in Information and Communication Technologies (ICTS): A Survey of the Literature. In: *Journal of Economic Surveys* 33, pp. 404–430.
- Conlon, G. (2006): The determinants of undertaking academic and vocational qualifications in the United Kingdom. In: *Education Economics*, 13(3), pp. 299–313.

- Conseil fédéral (2018a): Stratégie internationale de la Suisse dans le domaine de la formation, de la recherche et de l'innovation. Berne: Stratégie du Conseil fédéral.
- Conseil fédéral (2018b): Bases juridiques pour la distributed ledger technology et la blockchain en Suisse – un état des lieux avec un accent le secteur financier. Berne: Rapport du Conseil fédéral du 07.12.2018.
- Corbin, J. M. & Strauss, A. (2009): Basics of qualitative research (3rd ed.). Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publishing.
- Cornell University, INSEAD and WIPO (2017): The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World, Ithaca, Fontainebleau et Genève.
- Cornell University, INSEAD and WIPO (2019): The Global Innovation Index 2019 (GII): Creating Healthy Lives — The Future of Medical Innovation. Ithaca, Fontainebleau et Genève.
- Corrocher, N. & Cusmano, L. (2014): The « KIBS Engine » of Regional Innovation Systems: Empirical Evidence from European Regions. In: Regional Studies, 48:7, pp. 1212–1226. Disponible sur: <https://doi.org/10.1080/00343404.2012.731045>. [15.12.2019]
- CSRE (2007): L'éducation en Suisse – rapport 2006. Aarau: Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation.
- CSRE (2010): L'éducation en Suisse – rapport 2010. Aarau: Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation.
- CSRE (2014): L'éducation en Suisse – rapport 2014. Aarau: Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation.
- CSRE (2018): L'éducation en Suisse – rapport 2018. Aarau: Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation.
- CSS (2018): Prise de position du Conseil Suisse de la Science sur le projet d'adaptation de la loi sur les produits thérapeutiques, 11.06.18. Berne: Conseil Suisse de la Science.
- Cutler, D. (2010): Where are the healthcare entrepreneurs? The failure of organizational innovation in healthcare. In: NBER working paper no 16030. Cambridge: National bureau of economic research.
- Cutler, D., Sahni, N., Huckman, R. & Chigurupati, A. (2017): The IT transformation health care needs. In: Harvard Business Review, 95(6), pp. 129–136.
- Da Silva, M. (2018): Open Innovation and IPRs: Mutually Incompatible or Complementary Institutions? In: Journal of Innovation & Knowledge.
- de Rassenfosse, G., Dernis, H., Guellec, D., Picci, L. & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2013): The Worldwide Count of Priority Patents: A New Indicator of Inventive Activity. In: Research Policy 42, pp. 720–737.
- de Rassenfosse, G., Palangkaraya, A. & Webster, E. (2016a): Why Do Patents Facilitate Trade in Technology? Testing the Disclosure and Appropriation Effects. In: Research Policy 45, pp. 1326–1336.
- de Rassenfosse, G., Jaffe, A. B. & Webster, E. (2016b): Low-quality Patents in the Eye of the Beholder: Evidence from Multiple Examiners. In: NBER working paper no 22244. Cambridge: National bureau of economic research.
- Deloitte (2018): Die digitale Innovationsfähigkeit der Schweiz: Gut, aber nicht gut genug. Deloitte AG /BAK Economics.
- DFF (2019): Loi fédérale sur l'adaptation du droit fédéral aux développements de la technologie des registres électroniques distribués – Rapport explicatif relatif au projet mis en consultation. Berne: Département fédéral des finances.
- Di Gregorio, D. & Shane, S. (2003): Why do some universities generate more start-ups than others? In: Research Policy, 32(2), pp. 209–227.
- Duguet, E & MacGarvie, M. (2005): How Well Do Patent Citations Measure Flows of Technology? – Evidence from French Innovation Surveys. In: Economics of Innovation and New Technology 14, pp. 375–393.
- Eckhardt, B., Jakob, D. & von Schnurbein, G. (2019): Der Schweizer Stiftungsreport 2019. CEPS Forschung und Praxis – Band 20. Basel.
- EconSight (2019): Künstliche Intelligenz – Globale Entwicklungen, Anwendungsgebiete, Innovationstreiber und Weltklasseforschung. Basel.
- EFI Gutachten (2016): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation.
- EFI Gutachten (2018): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands – Struktur und Trends. Berlin: Expertenkommission für Forschung und Innovation.
- EFI Gutachten (2019): Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Berlin: Expertenkommission für Forschung und Innovation.
- Eggenberger, C. & Backes-Gellner, U. (2019): IT Skills, Occupation Specificity and Job Separations. Zürich, masch. verf. 2019.
- Eggenberger, C., Janssen, S. & Backes-Gellner, U. (2019): The value of specific skills in a globalized world – Evidence from international trade shocks. Working paper no. 158. Zurich: Universität de Zurich.
- Eggenberger, C., Rinawi, M. & Backes-Gellner, U. (2018): Occupational specificity. A new measurement based on training curricula and its effect on labor market outcomes. In: Labour Economics, 51, pp. 97–107.
- ERC (2019): Statistics on Granted projects. Bruxelles: Conseil européen de la recherche.
- Ernst, H. & Omland, N. (2011): The Patent Asset Index – A New Approach to Benchmark Patent Portfolios. World Patent Information 33, pp. 34–41.
- ESIC (2015): European Service Innovation Scoreboard (ESIS) – Key findings. Hugo Hollanders January 2015. In: European Service Innovation Centre REPORT. Bruxelles: Commission Européenne.
- European Commission (2019): European Innovation Scoreboard 2019. Annex B. Performance per indicator. Bruxelles: Commission Européenne.
- Eurostat (2010): Community Innovation Survey. Disponible sur: https://ec.europa.eu/eurostat/documents/203647/203701/CIS_Survey_form_2010.pdf/b9f2c70e-0c46-4f82-abe6-c7661f1f2166 [12.12.2019]
- Eurostat (2018): European statistics. Disponible sur <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> [12.12.2019]

- EY (2018a): Ökosysteme in der Pharmaindustrie – Die Branche 2030: Neue Wettbewerber, Digitalisierung und Vernetzung. Ernst & Young Österreich.
- EY (2018b): Margen der Pharmakonzerne sinken weiter: Die Zukunft liegt in neuen Ökosystemen. Disponible sur: www.ey.com/ch/de/newsroom/news-releases/medienmitteilung-ey-margen-der-pharmakonzerne-sinken-weiter [12.12.2019]
- Eymann, A. & Schweri, J. (2015): Horizontal Skills Mismatch and Vocational Education (Working Paper). Retrieved from the Swiss Federal Institute for Vocational Education and training. Zollikofen: Institut fédéral des hautes études en formation professionnelle.
- Falk, M. & Biagi, F. (2015): Empirical studies on the impacts of ICT Usage in Europe. Institute for Prospective Technological Studies, Digital Economy Working Paper 2015/14. JRC98693.
- Feldman, M. P. & Audretsch, D. B. (1999): Innovation in Cities: Science-based Diversity, Specialization and Localized Competition. In: *European Economic Review*, 43(2), pp. 409–429.
- Feldman, M. P. & Kogler, D. F. (2010): Stylized Facts in the Geography of Innovation. In: Hall, B. H. & Rosenberg, N. (éd.): *Handbook of the economics of innovation*. Band 1. Amsterdam: North Holland, pp. 381–410, Elsevier.
- Fend, L. & Hofmann, J. (éd.) (2018): *Digitalisierung in Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen: Konzepte – Lösungen – Beispiele*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- FETAG (2016): The need to integrate the Social Sciences and Humanities with Science and Engineering in Horizon 2020 and beyond. Bruxelles: Future & Emerging Technologies Advisory Group. Commission Européenne.
- FHS St. Gallen (2017): *KMU-Spiegel 2017: Digitalisierung in Schweizer Klein- und Mittelunternehmen*. Saint-Gall: Haute école des sciences appliquées.
- Fini, R., Fu, K., Mathisen, M. T., Rasmussen, E. & Wright, M. (2017): Institutional determinants of university spin-off quantity and quality: a longitudinal, multilevel, cross-country study. In: *Small Business Economics*, 48(2), pp. 361–391.
- Fini, R., Grimaldi, R., Santoni, S. & Sobrero, M. (2011): Complements or substitutes? The role of universities and local context in supporting the creation of academic spin-offs. In: *Research Policy*, 40(8), pp. 1113–1127.
- Foray, D. (2004): *The economics of knowledge*. Cambridge: MIT Press.
- Fox, B., Paley, A., Prevost, M. & Subramanian, N. (2016): Closing the digital gap in pharma. McKinsey & Company. Disponible sur: www.mckinsey.com/industries/pharmaceuticals-and-medical-products/our-insights/closing-the-digital-gap-in-pharma [12.12.2019].
- Friedli, T., Benninghaus, C., Elbe, C. & Remling, D. (2018): *Swiss Manufacturing Survey 2018– A national Study*. Saint-Gall: Université de Saint-Gall.
- Friesike, S., Jamali, N., Bader, M., Ziegler, N., Hafezi, N., Niccolò, I. & Schreiner, E. (2009): *Case Studies on SMEs and Intellectual Property in Switzerland*. Berne: Institut fédéral de la propriété intellectuelle.
- Gadrey, J. & Gallouj, F. (2002): *Productivity, Innovation and Knowledge in Services*. Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing.
- Galán-Muros, V. & Plewa, C. (2016): What drives and inhibits university-business cooperation in Europe? A comprehensive assessment. *R&D Management*, 46(2), 369–382.
- Galasso, A. & Schankerman, M. (2015): Patents and Cumulative Innovation: Causal Evidence from the Courts. In: *Quarterly Journal of Economics* 130, pp. 317–369.
- Gallini, N. & Scotchmer, S. (2001): Intellectual Property: When Is It the Best Incentive System? In: *Innovation Policy and the Economy* 2, pp. 51–77.
- Galvin, J., Han, F., Hynes, S., Qu, J., Rajgopal, K. & Shek, A. (2018): *Synergy and disruption: Ten trends shaping fintech*. McKinsey & Company.
- Gantenbein, P., Herold, N. & Zaby, S. (2011): *Die KTI-Start-up-Förderung für innovative Schweizer Jungunternehmen – Ein empirischer Vergleich gelabelter und nichtgelabelter Unternehmen*. Étude réalisée sur mandat de la CTI. Bâle: Université de Bâle.
- Gassmann, O., Frankenberger, K. & Csik, M. (2014): *The Business Model Navigator: 55 Models That Will Revolutionise Your Business*. Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Gault, F. (2013): Innovation indicators and measurement: challenges. In: Gault (éd.): *Handbook of Innovation Indicators and Measurement*, pp. 441–464. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Geel, R., Mure, J. & Backes-Gellner, U. (2011): Specificity of Occupational Training and Occupational Mobility: An Empirical Study Based on Lazear's Skill-Weights Approach. In: *Education Economics*, 19(5), pp. 519–535.
- Gehret, A., Aepli, M., Kuhn, A. & Schweri, J. (2019): Lohnt sich die Lehrlingsausbildung für die Betriebe? Resultate der vierten Kosten-Nutzen-Erhebung. Zollikofen: Institut fédéral des hautes études en formation professionnelle
- Geuna, A. & Rossi, F. (2011): Changes to university IPR regulations in Europe and the impact on academic patenting. In: *Research Policy*, 40(8), 1068–1076.
- GFT Group (2017): *Banking Expert Survey 2017, Shaping the future of digital business*. 18.10.2017. Disponible sur: www.bankingtech.com/files/2017/11/Banking-Expert-Survey-2017-GFT.pdf [12.12.2019]
- Giger, S. (2016): Auch für Erwachsene lohnt sich ein Berufsabschluss. In: *Die Volkswirtschaft*, 10, pp. 22–24.
- Gilson, R. J. (1999): The Legal Infrastructure of High Technology Industrial Districts: Silicon Valley, Route 128, and Covenants Not to Compete. In: *New York University Law Review* 74, pp. 575–629.
- Glaeser, E. L. (2010): *Agglomeration economics*. Includes proceedings of the National Bureau of Economic Research conference, held in 2007. Chicago: University of Chicago Press.
- Gläß, R. & Leukert, B. (éd.) (2017): *Handel 4.0: Die Digitalisierung des Handels – Strategien, Technologien, Transformation*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
- Global Entrepreneurship Monitor (2015): *Special topic report on social entrepreneurship*. Disponible sur: www.gemconsortium.org/report [20.12.2018].

- González-Pernía, J. L., Kuechle, G. & Peña-Legazkue, I. (2013): An Assessment of the Determinants of University Technology Transfer. In: *Economic Development Quarterly*, 27(1), 6–17.
- Greff, T., Winter, F. & Werth, D. (2018): Digitale Geschäftsmodelle in der Domäne wissensintensiver Dienstleistungen – Stand der Forschung und Transfer in die Unternehmensberatung. Lüneburg: Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2018.
- Griliches, Z. (1990): Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. In: *Journal of Economic Literature* 28 (4), 1661–1707.
- Gross, S. (2019, January 8): Roche und Novartis suchen die Zukunft jenseits der Blockbuster. *Handelszeitung*. Disponible sur: www.handelszeitung.ch/unternehmen/roche-und-novartis-suchen-die-zukunft-jenseits-der-blockbuster [12.12.2019].
- Gulbranson, C. A. & Audretsch, D. B. (2008): Proof of concept centers: accelerating the commercialization of university innovation. In: *The Journal of Technology Transfer*, 33(3), 249–258. Disponible sur <https://doi.org/10.1007/s10961-008-9086-y> [12.12.2018].
- Haber, S. (2016): Patents and the Wealth of Nations. Working Paper no. 16004. In: *George Mason Law Review* 23, pp. 811–835.
- Hall, B. (2018): Is There a Role for Patents in the Financing of Innovative Firms? In: NBER working paper no 24370. Cambridge: National bureau of economic research.
- Hall, B., Helmers, C., Rogers, M. & Sena, V. (2014): The Choice between Formal and Informal Intellectual Property: A Review. In: *Journal of Economic Literature* 52, pp. 375–423.
- Handelszeitung (2019a): Novartis steigert 2018 Gewinn und Umsatz (30. Januar): *Handelszeitung*. Disponible sur: www.handelszeitung.ch/unternehmen/novartis-steigert-2018-gewinn-und-umsatz [12.12.2019].
- Handelszeitung (2019b): Roche wächst und hebt Dividende ab (31. Januar): Disponible sur: www.handelszeitung.ch/unternehmen/roche-wachst-und-hebt-dividende [19.12.2019].
- Hayter, C. S. & Link, A. N. (2015): On the economic impact of university proof of concept centers. In: *The Journal of Technology Transfer*, 40(1), pp. 78–183.
- Heckman, J. J. & Kautz, T. (2012): Hard evidence on soft skills. In: *Labour Economics*, 19(4), pp. 451–464.
- Heimann, T., Kyora, S., Pedergrana, M., Geilinger, U. (2019): Swiss Venture Capital Report. Luzern: JNB Journalistenbüro GmbH. Disponible sur: https://www.startupticker.ch/uploads/File/VC%20Report%202019_web.pdf [12.12.2019].
- Heinemann, G. (2017): Der neue Online-Handel: Geschäftsmodell und Kanalexzellenz im Digital Commerce (8., aktualisierte Auflage). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Helmers, C. & McDonagh, L. (2013): Patent Litigation in the UK: An Empirical Survey 2000–2008. In: *Journal of Intellectual Property Law & Practice* 8, 846–861.
- Hemel, D. J. & Ouellette, L. L. (2013): Beyond the Patents-Prizes Debate. In: *Texas Law Review* 92, pp. 303–382.
- Hemel, D. J. & Ouellette, L. L. (2019): Innovation Policy Pluralism. In: *Yale Law Journal* 128, pp. 544–614.
- Henkel, J. & Zischka, H. (2018): How many patents are truly valid? Extent, causes, and remedies for latent patent invalidity. *Academy of Management Proceedings* 2018 (1), 11858.
- Hodler, C., Santschi, C. & Weber, U. (2014): Schlussbericht 5-Jahres-Überprüfung Berufliche Grundbildung Zahntechnik.
- Hoeschler, P., Balestra, S. & Backes-Gellner, U. (2018): The development of non-cognitive skills in adolescence. In: *Economics Letters*, 163, pp. 40–45.
- Hotz-Hart, B. & Rohner, A. (2014): Nationen im Innovationswettbewerb: Ökonomie und Politik der Innovation. Wiesbaden: Wiesbaden: Springer Gabler.
- IDG Communications (2018): State of Digital Business Transformation. Disponible sur: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/1624046/Digital%20Business%20Executive%20Summary_FINAL.pdf [12.12.2019].
- IMD (2019): World Competitiveness Ranking. Lausanne: International Institute for Management Development.
- Interpharma (2018a): Pharma-Markt Schweiz. Disponible sur: www.interpharma.ch/fakten-statistiken/1946-pharma-markt-schweiz [12.12.2019].
- Interpharma (2018b): Pharmastandort Schweiz: Region Basel.
- ITU (2019): Global Cybersecurity Index (GCI). Genève: Union internationale des télécommunications.
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M. & Fogarty, M. S. (2000): Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors. In: *American Economic Review* 90, S215–218.
- Journal of the European Economic Association* 4, issue 2–3 (2006): pp. 269–314.
- Keupp, M., Lhuillery, S., Garcia-Torres, A. & Raffo, J. (2009): Economic Focus Study on SMEs and Intellectual Property in Switzerland. Berne: Institut fédéral de la propriété intellectuelle. Disponible sur: www.ige.ch/fileadmin/user_upload/dienstleistungen/publikationen_institut/Economic-Focus-Study_2009.pdf [12.12.2019].
- Kochenkova, A., Grimaldi, R. & Munari, F. (2016): Public policy measures in support of knowledge transfer activities: a review of academic literature. In: *The Journal of Technology Transfer*, 41(3), 407–429.
- Kölliker, S. (2019): IT-Bildungsoffensive. Disponible sur: www.sg.ch/bildung-sport/ueber-bildung/IT-Bildungsoffensive.html [12.12.2019].
- KPMG International (2018): Digitalization in life sciences: Integrating the patient pathway into the technology ecosystem. Disponible sur: <https://home.kpmg/de/de/home/themen/2017/12/digitalization-in-life-sciences.html> [12.12.2019].
- Krlev, G., Bund, E. & Mildenberger, G. (2014): Measuring What Matters—Indicators of Social Innovativeness on the National Level. In: *Information Systems Management*, 31(3), pp. 200–224. Disponible sur <https://doi.org/10.1080/10580530.2014.923265> [12.12.2019].
- Kugler, F., Schwerdt, G. & Wößmann, L. (2014): Ökonometrische Methoden zur Evaluierung kausaler Effekte der Wirtschaftspolitik. In: *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 15(2), pp. 105–132.
- La Banque mondiale (2019): Doing Business 2019: Training for Reform. Washington, DC: La Banque mondiale.

- Lach, S. & Schankerman, M. (2004): Royalty Sharing and Technology Licensing in Universities. In: *Journal of the European Economic Association*, 2(2–3), pp. 52–264.
- Lach, S. & Schankerman, M. (2008): Incentives and invention in universities. In: *The RAND Journal of Economics*, 39(2), pp. 03–433.
- Landes, W. M. & Posner, R. A. (2003): *The Economic Structure of Intellectual Property Law*. Cambridge.
- Laursen, K. & Salter, A. J. (2006): Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. In: *Strategic Management Journal* 27, pp. 31–150.
- Laursen, K. & Salter, A. J. (2014): The Paradox of Openness: Appropriability, External Search and Collaboration. In: *Research Policy* 43, pp. 867–878.
- Lazear, E. P. (1999): Globalisation and the market for team-mates. In: *The Economic Journal*, 109(454), C15–C40.
- Lefkes, C., Berth, M. & Schultz, C. (2017): Perspektivenwechsel im Handel – von disruptiven Geschäftsmodellen lernen und Gegenstrategien entwickeln. In: Schallmo, D., Rusnjak, A., Anzengruber, J., Werani, Th. & Jünger, M. (éd.): *Digitale Transformation von Geschäftsmodellen. Schwerpunkt: Business Model Innovation*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Lehnert, P., Pfister, C. & Backes-Gellner, U. (2018): The Effect of an Education-driven Labour Supply Shock on Firms' R&D Personnel. Zurich: Universität de Zurich.
- Lemley, M. A. (2015): IP in a World Without Scarcity. *New York University Law Review* 90, 460–515.
- Lerner, J. (2009): The Empirical Impact of Intellectual Property Rights on Innovation: Puzzles and Clues. In: *American Economic Review* 99, pp. 343–348.
- LERU (2012): Social sciences and humanities: Essential fields for European research and in horizon 2020. Advice paper no. 11. Leuven: League of European research universities.
- Lindqvist, G., Ketels, C. & Sölvell, Ö. (2013): *The Cluster Initiative Greenbook 2.0*. Stockholm: Ivory Tower AB.
- Lissoni, F., Llerena, P., McKelvey, M. & Sanditov, B. (2008): Academic patenting in Europe: new evidence from the KEINS database. In: *Research Evaluation*, 17, 87–102.
- Liu, S. (2015): Spillovers from universities. Evidence from the land-grant program. In: *Journal of Urban Economics*, 87, pp. 25–41.
- Lüpold, D. (2017): Open Banking: Ja – aber ohne Zwang. Disponible sur: www.swissbanking.org/de/services/insight/insight-4.17/open-banking-ja-aber-ohne-zwang [12.12.2019].
- Machlup, F. (1958): *An Economic Review of the Patent System*. Study for the Subcommittee on Patents, Trademarks, and Copyright of the Committee of the Judiciary of the U.S. Senate.
- Martínez, C. (2010): Patent families: When Do Different Definitions Really Matter? In: *Scientometrics*, 86, pp. 9–63.
- Marx, M. & Fleming, L. (2012): Non-compete Agreements: Barriers to Entry ... and Exit? In: *Innovation Policy and the Economy* 12, pp. 33–64.
- Marx, M., Singh, J. & Fleming, L. (2015): Regional Disadvantage? Employee Non-compete Agreements and Brain Drain. In: *Research Policy* 44, pp. 394–404.
- McAfee, A. & Brynjolfsson, E. (2017): *Machine, Platform, Crowd*. New York: Norton & Company.
- McKinsey & Company (2018): The future of work: Switzerland's digital opportunity. Disponible sur: www.mckinsey.com/featured-insights/europe/the-future-of-work-switzerlands-digital-opportunity.
- McKinsey & Company (2019): The services solution for unlocking industry's next growth opportunity.
- MERCER (2019): Quality of living city ranking. New York.
- Merges, R. (1996): Contracting into Liability Rules: Intellectual Property Rights and Collective Rights Organizations. In: *California Law Review* 84, pp. 1293–1393.
- Merges, R. (2004): A New Dynamism in the Public Domain. In: *University of Chicago Law Review* 71, pp. 183–203.
- Meuer, J., Rupieta, C. & Backes-Gellner, U. (2015): Layers of co-existing innovation systems. In: *Research Policy*, 44(4), pp. 888–910.
- Micha, M. A. & Koppers, S. (2016): Digital Adoption Retail – Hat der Offline-Handel eine Vision? In: G. Heinemann, H. M. Gehrckens & U. J. Wolters (Hsgr.): *Digitale Transformation oder digitale Disruption im Handel* (Vol. 91, pp. 49–78). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-658-13504-1_3 [12.12.2019].
- Miles, M. B. & Huberman, M. A. (2007): *Qualitative data analysis* (2nd ed.). Arizona State University. Thousand Oaks [u.a.]: SAGE.
- Minguillo, D. & Thelwall, M. (2015): Which are the best innovation support infrastructures for universities? Evidence from R&D output and commercial activities. In: *Scientometrics*, 102(1), pp. 1057–1081.
- Moretti, E. (2004): Workers' education, spillovers, and productivity: Evidence from plant-level production functions. In: *American Economic Review*, 94(3), pp. 656–690.
- Morger, M., Künzi, K. & Föllmi, R. (2018): Quelle est la productivité du système de santé? In: *La Vie Economique*, 6, pp. 40–42.
- Moser, P. (2005): How Do Patent Laws Influence Innovation? Evidence from Nineteenth-Century World's Fairs. In: *American Economic Review* 95, pp. 1214–1236.
- Moser, P. (2016): Patents and Innovation in Economic History. In: *Annual Review of Economics* 8, pp. 241–258.
- Mühlemann, S. (2014): Training participation of internationalized firms. Establishment-level evidence for Switzerland. In: *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 6(5), pp. 1–11.
- Müller, B. & Schweri, J. (2015): How specific is apprenticeship training? Evidence from inter-firm and occupational mobility after graduation. In: *Oxford Economic Papers*, 67(4), pp. 1057–1077.
- Müller, G. (2018, April 17): Alte japanische Fertigungsmethoden mit Digitalisierung kombinieren. In: *NZZ*, p. 28.
- Mure, J. (2007): *Weiterbildungsfinanzierung und Fluktuation. Theoretische Erklärungsansätze und empirische Befunde auf Basis des Skill-Weights Approach*. Zugl.: Zürich, Univ., Diss., 2007. München: Hampp.
- Murray, R., Caulier-Grice, J. & Mulgan, G. (2010): *The Open Book of Social Innovation*. London: NESTA.

- Muscio, A. & Vallanti, G. (2014): Perceived Obstacles to University-Industry Collaboration: Results from a Qualitative Survey of Italian Academic Departments. In: *Industry and Innovation*, 21(5), pp. 410–429.
- Nation Brands Index (2017): L'image de la Suisse à l'étranger en 2017. In: *Présence Suisse*. Berne: Département fédéral des affaires étrangères.
- Nelson, A. J. (2014): From the ivory tower to the startup garage: Organizational context and commercialization processes. In: *Research Policy*, 43(7), pp. 1144–1156.
- Niklowitz, M. (2018): Copy & Paste: Insurtechs. *Handelszeitung*. Disponible sur: www.handelszeitung.ch/insurtechs-copy-paste [12.12.2019].
- OCDE & Eurostat (2018): Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Paris, Luxembourg: Organisation de coopération et de développement économiques, Communautés européennes.
- OCDE (2005): PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2010): Measuring Innovation: A New Perspective. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2011): OECD Territorialexamen Schweiz 2011. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2016): OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2017): Economic Survey of Switzerland. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2018): Stan Industrial Analysis. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2019a): Disponible sur: www.oecd.org/fr/fiscalite/beps/la-communaute-internationale-adopte-une-feuille-de-route-pour-resoudre-les-defis-fiscaux-souleves-par-la-numerisation-de-l-economie.htm [13.08.2019].
- OCDE (2019b): Education at a glance 2019. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2019c): Talent Attractiveness. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2019d): Main Science and Technology Indicators. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2019e): OECD.Stat: Patents Statistics. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OCDE (2019f): Measuring the Digital Transformation. A roadmap for the future. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.
- OFS (2016): Enquête auprès des personnes diplômées des hautes écoles (EHA). Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2017) Diplômés des hautes écoles issues de la migration: intégration sur le marché du travail et émigration en 2015. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2018a): Création d'entreprises, 2013–2016. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2018b): Parcours de formation dans le degré secondaire II. Analyses longitudinales dans le domaine de la formation. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2018c): Transitions après un titre du degré secondaire II et intégration sur le marché du travail. Analyses longitudinales dans le domaine de la formation. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2018d): Valeur ajoutée brute par branche. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique. Disponible sur: www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/catalogues-banques-donnees/graphiques.assetdetail.5966282.html [05.12.2019]
- OFS (2018e): Comptes nationaux. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique. Disponible sur: www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/economie-nationale/comptes-nationaux.gnpdetail.2019-0168.html [05.12.2019]
- OFS (2018f): Statistique des hautes écoles 2018. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique. Disponible sur www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/catalogues-banques-donnees/publications.assetdetail.4582967.html [05.12.2019]
- OFS (2019a): Recherche et développement en Suisse 2017. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2019b): Étudiants des hautes écoles 2018/19. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2019c): Femmes et Science 2018. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2019d): Système d'indicateurs Science et Technologie. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OFS (2019e): Utilisation TIC et e-business. Neuchâtel: Office fédéral de la statistique.
- OMPI (2017): Le capital immatériel dans les chaînes de valeur mondiales. Genève: Organisation mondiale de la propriété intellectuelle.
- Open Banking: Schweizer Finanzplatz will einen einheitlichen Stecker (2018): Disponible sur: www.finews.ch/news/finanzplatz/33326-api-open-banking-sfti-fintech [12.12.2019].
- Ouellette, L. L. (2015): Nanotechnology and Innovation Policy. In: *Harvard Journal of Law & Technology* 29, pp. 33–75.
- Ouellette, L. L. (2017): Who Reads Patents? In: *Nature Biotechnology* 35, pp. 421–424.
- Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., ... & Sobrero, M. (2013): Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university-industry relations. In: *Research Policy*, 42(2), pp. 423–442.
- Pfister, C. (2017): Different educational structures and their economic impact on individuals and the economy. Zurich: Université de Zurich.
- Pfister, C., Rinawi, M., Harhoff, D. & Backes-Gellner, U. (2018): Regional innovation effects of applied research institutions. Zurich: Université de Zurich.
- Pfister, C., Tuor Sartore, S. N. & Backes-Gellner, U. (2017): The relative importance of type of education and subject area. Empirical evidence for educational decisions. In: *Evidence-based HRM: a Global Forum for Empirical Scholarship*, 5(1), pp. 30–58.
- PK/VZLS/SZV (2018): Branchenstatistik Zahntechnik Schweiz 2017. Lucerne.

- Porter, M. E. (2008): Clusters and competition: New agendas for companies, governments, and institutions. In: Porter, M. E. (éd.) (2. Ausgabe, pp. 213–304). Boston, Mass.: Harvard Business Review Books.
- Prozesstechnik Online (2018): Wo bleibt Pharma 4.0? Disponible sur: <https://prozesstechnik.industrie.de/pharma/expertenmeinung/wo-bleibt-pharma-4-0/> [15.12.2019].
- PwC (2017a): Global FinTech Report 2017. Redrawing the lines: FinTech's growing influence on Financial Services. PricewaterhouseCoopers AG.
- PwC (2017b): CEO Survey Marché hospitalier Suisse. PricewaterhouseCoopers AG.
- PwC (2018): Schweizer Spitäler: so gesund waren die Finanzen 2017. PricewaterhouseCoopers AG.
- Radauer, A. & Streicher, J. (2008): Support Services in the Field of Intellectual Property Rights (IPR) for SMEs in Switzerland: A Review. Disponible sur: www.ige.ch/fileadmin/user_upload/dienstleistungen/publikationen_institut/Support-Services_2008.pdf [15.12.2019].
- Radowitz, v. K. (31.03.2018): Konkurrenzkampf: Was Schweizer Händler tun müssen, um gegen Amazon zu bestehen. Handelszeitung.
- Rammer, C. & Trunschke, M. (2018): Forschung und Innovation: Die Schweiz im Vergleich zu anderen Innovationsregionen. Étude mandatée par le Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (éd.). Berne.
- Ramos-Vielba, I., Sánchez-Barrioluengo, M. & Woolley, R. (2016): Scientific research groups' cooperation with firms and government agencies: motivations and barriers. In: The Journal of Technology Transfer, 41(3), 558–585.
- Renold, U. (2015): Welche Akademikerquote brauchen wir? Über den Umgang mit Fuzzy Boundaries in internationalen Bildungssystemvergleichen. In: Amstutz H. (éd.): Fuzzy boundaries. Festschrift für Antonio Loprieno. Hamburg: Widmaier, pp. 941–963.
- Renold, U., Bolli, T., Bürgi, J., Caves, K., Egg, M. E., Kemper, J. & Rageth, L. (2016): Feasibility study for a curriculum comparison in vocational education and training: Intermediary report II: Education-employment linkage index. Zurich: EPF Zurich.
- Rinawi, M. & Backes-Gellner, U. (2015): Skill prices, skill composition, and the structure of wages. Zurich: Universität de Zurich.
- Rotolo, D., Hicks, D. & Martin, B.R. (2015): What Is an Emerging Technology? In: Research Policy 44, 1827–1843.
- Rudolph, T. & Linzmajer, M. (2014): Big Data im Handel. In: Marketing Review St. Gallen (1/2014). Disponible sur: www.springerprofessional.de/big-data-im-handel/6402104 [15.12.2019].
- Rupietta, C. & Backes-Gellner, U. (2019): Combining knowledge stock and knowledge flow to generate superior incremental innovation performance — Evidence from Swiss manufacturing. In: Journal of Business Research, 94(2019), pp. 209–222.
- Sakakibara, M. & Branstetter, L. (2001): Do Stronger Patents Induce More Innovation? Evidence from the 1998 Japanese Patent Law Reforms. In: RAND Journal of Economics 32, pp. 77–100.
- Salvisberg, A. (2010): Soft Skills auf dem Arbeitsmarkt. Bedeutung und Wandel. Zurich: Seismo.
- Sampat, B. & Williams, H. L. (2019): How Do Patents Affect Follow-On Innovation? Evidence from the Human Genome. In: American Economic Review 109, pp. 203–236.
- Samuelson, P. A. (1954): The Pure Theory of Public Expenditure. In: Review of Economics and Statistics 36, pp. 387–389.
- Saxenian, A. (1994): Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128. Cambridge: Harvard University Press.
- Scanlan, J. (2018): A capability maturity framework for knowledge transfer. In: Industry and Higher Education, 32(4), 235–244.
- Schartinger, D., Schibany, A. & Gassler, H. (2001): Interactive Relations Between Universities and Firms: Empirical Evidence for Austria. In: Journal of Technology Transfer, 26, pp. 255–268.
- Schiersch, A. & Gehrke, B. (2018): F&E-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 6. Berlin, Hannover.
- Schmid, M., Schmidlin, S. & Hischier, D. S. (2017): Berufsabschluss für Erwachsene: Sicht von betroffenen Erwachsenen. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- Schultheiss, T., Pfister, C. & Backes-Gellner, U. (2018): Rising tide effect or crowding out – does tertiary education expansion lift the tasks of workers without tertiary degree? .
- Schweri, J., Iten, R. (2018): Berufe passen sich der Digitalisierung an. In: Die Volkswirtschaft, 1–2, pp. 20–23.
- Scienceindustries (2019): Aussenhandel Chemie Pharma Life Sciences 2018: Chemie Pharma Life Sciences als grösste Exportindustrie der Schweiz legt weiter zu. Disponible sur: www.scienceindustries.ch/medien/medienmitteilungen/_detail-407/62010_%252Faussenhandel-chemie-pharma-life-sciences-2018 [15.12.2019].
- Scotchmer, S. (1991): Standing on the Shoulder of Giants: Cumulative Research and the Patent Law. In: Journal of Economic Perspectives 5, pp. 29–41.
- SECO (2018): Systèmes régionaux d'innovation (RIS): Evaluation et Concept RIS 2020+. Berne: Secrétariat d'État à l'économie.
- SECO (2019): Le produit intérieur brut au 4e trimestre 2018: retour à une croissance modérée. Berne: Secrétariat d'État à l'économie. Disponible sur: www.seco.admin.ch/seco/de/home/seco/nsb-news.msg-id-74140.html [15.12.2019].
- SEFRI (2014a): Analyse bibliométrique de la recherche scientifique en Suisse 1981–2011. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- SEFRI (2014b): Diplôme professionnel et changement de profession pour les adultes – Offres existantes et recommandations pour les développements futurs. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- SEFRI (2016): Recherche et innovation en Suisse 2016. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- SEFRI (2017a): La formation professionnelle en Suisse – Faits et chiffres 2019. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- SEFRI (2017b): Manuel Processus de développement des professions dans la formation initiale. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.

- SEFRI (2018a): Participation de la Suisse aux programmes-cadres européens de recherche. Faits et chiffres 2018. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- SEFRI (2018b): Formation, recherche et innovation en Suisse: Chronologie. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- SEFRI (2019): Effets de la participation suisse aux programmes-cadres européens de recherche – rapport 2019. Berne: Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation.
- sfi & zeb (2019): Digital Pulse Check 3.0 – Schweiz vs. Europa. Zürich: Swiss Finance Institute. Disponible sur: <http://www.sfi.ch/system/tdf/Studie-DPC-DE.pdf?file=1> [15.12.2019].
- Shapiro, C. (2000): Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent pools, and Standard Setting. In: *Innovation Policy and the Economy*, 1, pp. 119–150.
- Sheldon, G. (1992): Selbstselektion und Bildungsrenditen – Ökonometrische Untersuchungen an einem Mikro-Datensatz für die Schweiz. In: Blossfeld, H.-P., Sadowski, D. (éd.): *Ökonomie und Politik beruflicher Bildung. Europäische Entwicklungen*. Berlin: Duncker & Humblot, pp. 105–135.
- Sichelman, T. & Graham, S. (2010): Patenting by Entrepreneurs: An Empirical Study. In: *Michigan Telecommunications Technology Law Review* 17, 111–180.
- Spescha, A. & Wörter, M. (2018): Innovation in der Schweizer Privatwirtschaft: «Résultats de l'enquête sur l'innovation 2016» du Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ (KOF). Réalisé sur mandat du SEFRI. Berne.
- Spescha, A. & Wörter, M. (2019): Im internationalen Vergleich starke Konzentration der F&E-Aktivitäten in der Schweiz. In: *KOF Studies*, 139. Zurich: Centre de recherches conjoncturelles de l'EPFZ
- start-upticker.ch (2018): Swiss Startup Radar 2018/2019. Lucerne.
- Statista (2018a): Bankenbranche in der Schweiz. Disponible sur: <https://de.statista.com/statistik/studie/id/22646/dokument/bankenbranche-in-der-schweiz-statista-dossier> [15.12.2019].
- Statista (2018b): Detailhandel in der Schweiz. Disponible sur: <https://de.statista.com/themen/2921/detailhandel-in-der-schweiz/> [15.12.2019].
- Statista (2018c): Versicherungsbranche in der Schweiz. Disponible sur: <https://de.statista.com/statistik/studie/id/25982/dokument/versicherungsbranche-in-der-schweiz-statista-dossier/> [15.12.2019].
- Steck, A. (2018, February 4): Frauen orchestrieren die digitale Revolution. In: *NZZ Am Sonntag*. Zurich.
- Swisscom (2018): Tendances 2018: Wenn Daten ihren geschäftlichen Wert entfalten.
- Swisscom (2019): Tendances 2019: Comment optimiser l'exploitation des données en entreprises?
- Swisscom / MSM research (2018): L'intelligence artificielle.
- Swissmem (2004): Umfrage Berufsreform Polymechaniker/in – Resultate, Kommentare und Umsetzungsvorschläge. Stand 22. Oktober 2004. Zurich.
- Swissmem (2018a): Swissmem Network: Die Zukunft ist jetzt – Fokus Digitalisierung. Zurich.
- Swissmem (2018b): Umsetzungsstand Industrie 4.0: Umfrage in der Schweizer MEM-Branche 2018. Zurich.
- Swissmem (2019): International erfolgreich, in der Schweiz zu Hause. Zurich. Disponible sur: www.swissmem.ch/de/industrie-politik/ueber-die-mem-industrie.html [15.12.2019].
- swiTT (2018): swiTTreport 2018 – Swiss Technology Transfer Report. Bern: Swiss Technology Transfer Association.
- swiTT (2019): swiTTreport 2019 – Swiss Technology Transfer Report. Berne: Swiss Technology Transfer Association.
- Teigheder, M. & Hofmann, S. (2018, August 28): Big Pharma setzt auf Big Data gegen die Forschungsflaute: Die Digitalisierung wird zum Hoffnungsträger: Neue Analysen, Vernetzung sowie grössere Datenmengen könnten der Arzneimittelentwicklung Schub geben. *Handelsblatt*. Disponible sur: www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/novartis-roche-pfizer-merck-big-pharma-setzt-auf-big-data-gegen-die-forschungsflaute/22931524.html?ticket=ST-42861-5dBfehkZ00mPazkS6IHQ-ap6 [15.12.2019].
- The Young Foundation (2012): Social Innovation Overview – Defining Social Innovation: A deliverable of the project: «The theoretical, empirical and policy foundations for building social innovation in Europe» (TEPSIE). Bruxelles: Commission Européenne.
- Toner, Ph. (2010): Innovation and Vocational Education. In: *The Economic and Labour Relations Review*, 21(2), pp. 75–98.
- Töpfer, S., Cantner, U. & Graf, H. (2017): Structural dynamics of innovation networks in German Leading-Edge Clusters. In: *The Journal of Technology Transfer*. Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9642-4> [15.12.2019].
- Torresi, S., Gambardella, A., Giuri, P., Harhoff, D., Hoisl, K. & Mariani, M. (2016): Used, Blocked and Sleeping Patents: Empirical Evidence from a Large-scale Inventor Survey. In: *Research Policy* 45, pp. 1374–1385.
- Trajtenberg, M. (2018): AI as the next GPT: a political economy perspective, NBER work. Tel-Aviv University.
- Tsander, E., Beeli, S., Aeschlimann, B., Kriesi, I. & Voit, J. (2017): Berufsabschluss für Erwachsene: Sicht von Arbeitgebenden. Rapport final à l'attention du Secrétariat d'État à l'éducation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI). Zollikofen: Institut fédéral des hautes écoles en formation professionnelle.
- Tyler, N. (2014): Patent Nonuse and Technology Suppression: The Use of Compulsory Licensing to Promote Progress. *University of Pennsylvania Law Review* 162, pp. 451–475.
- UN Office Geneva (2015): Geneva's expertise on the SDGs – SDG Mapping (1st ed.). Genève: Office des Nations unies à Genève – ONUG. Disponible sur: [https://unog.ch/80256EDD006B8954/\(httpAssets\)/1185B501A33DDAE4C125805700463E6F/\\$file/Geneva+Expertise+SDGs_recto.pdf](https://unog.ch/80256EDD006B8954/(httpAssets)/1185B501A33DDAE4C125805700463E6F/$file/Geneva+Expertise+SDGs_recto.pdf) [18.12.2018].
- UNO (2015): Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Angenommen von der Generalversammlung der Vereinten Nationen am 25. September 2015. New York.
- van Overwalle, G. (2011): Policy Levers Tailoring Patent Law to Biotechnology: Comparing U.S. and European Approaches. In: *University of California at Irvine Law Review* 1, pp. 435–517.

- Vaterlaus, S., Zenhäusern, P., Schneider, Y., Bothe, D., Trhal, N. & Riechmann, C. (2015): Optimierungspotenziale des nationalen Schweizer Patentsystems. Berne: Institut fédéral de la propriété intellectuelle. Disponible sur: www.polynomics.ch/fileadmin/polynomics/04_Dokumente/Polynomics_Frontier_IGE_OptimierungPatentsystem_Schlussbericht_Gesamt_D_final.pdf.
- Villani, E., Rasmussen, E. & Grimaldi, R. (2017): How intermediary organizations facilitate university–industry technology transfer: A proximity approach. In: *Technological Forecasting and Social Change*, 114, pp. 86–102.
- von Graevenitz, G. & Garanasvili, A. (2018): The European Patent System: A Descriptive Analysis. Dokument zur Vorbereitung der GRUR, präsentiert an der EPIP-Conference 2018 an der ESMT Berlin.
- Weatherall, K. & Jensen, P. (2005): An Empirical Investigation into Patent Enforcement in Australian Courts. In: *Federal Law Review* 33, pp. 239–286.
- Weber, B. A. & Wolter, S. C. (1999): Wages and human capital: Evidence from Switzerland. In: Asplund, R., Telhado Pereira, P. (éd.): *Returns to human capital in Europe. A literature review*. Helsinki: In: The Research Institute of the Finnish Economy, pp. 325–350.
- Weber, B. A. (2003): Bildungsfinanzierung und Bildungsrenditen. In: *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 25(3), pp. 405–430.
- Weckerle, C., Grand, S., Martel, F., Page, R. & Schmuki, F. (2018): 3rd Creative Economies Report Switzerland 2018. Zürich: Zürcher Hochschule der Künste Kulturanalysen und Vermittlung.
- WEF (2017): Digital Transformation Initiative – Chemistry and Advanced Materials Industry. Cologny/Genève: World Economic Forum.
- WEF (2018): The Global Competitiveness Report 2018–2019. Genève: Forum économique mondial.
- Wider, M. (2016): Mobile Disruption – oder warum der richtige Einsatz von Mobile für den Einzelhandel überlebenswichtig ist. In: G. Heinemann, H. M. Gehrckens & U. J. Wolters (éd.): *Digitale Transformation oder digitale Disruption im Handel* (pp. 449–468). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-658-13504-1_21 [15.12.2019].
- Williams, H. L. (2017): How Do Patents Affect Research Investments? In: *Annual Review of Economics* 9, pp. 441–469.
- Wolleb, C. (2019): Fricktal aufgepasst: In der Pharmaindustrie wachsen die Bäume nicht in den Himmel. Neue Fricktaler Zeitung. Disponible sur: www.nfz.ch/2019/01/fricktal-aufgepasst-der-pharmaindustrie-wachsen-die-b%C3%A4ume-nicht-den-himmel.html [15.12.2019].
- Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T. & Neuber-Pohl, C. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit.
- Wolter, S. C. & Ryan, P. (2011): Apprenticeship. In: Hanushek, E. A., Machin, S., Woessmann, L. (éd.): *Handbook of the economics of education*. Band 3. Amsterdam: North-Holland, pp. 521–576.
- Wolter, S. C. & Weber, B. A. (1999): A new look at private rates of return to education in Switzerland. In: *Education + Training*, 41(8), pp. 366–372.
- Wolters, U. J. (2016): Neuerfindung des Handels durch digitale Disruption. In: G. Heinemann, H. M. Gehrckens & U. J. Wolters (éd.): *Digitale Transformation oder digitale Disruption im Handel* (Vol. 69, pp. 29–48). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-658-13504-1_2 [15.12.2019].
- Wright, B. D. (1983): The Economics of Invention Incentives: Patents, Prizes, and Research Contracts. In: *American Economic Review* 73, pp. 691–707.
- Zahra, S. A. & George, G. (2002): Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. In: *Academy of management review*, 27(2), pp. 185–203.
- Zerdick, A. & Hefe, J. (2017): Transparenzinduzierte Konsequenzen für Online-Handelsmodelle. In: Schallmo, D., Rusnjak, A., Anzengruber, J., Werani, T. & Jünger, M. (éd.): *Schwerpunkt. Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices* (pp. 575–594). Wiesbaden: Springer Gabler. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-658-12388-8_24 [15.12.2019].
- Zern & Partner (2017): Prioritätenänderung – Digitalisierung, Wettbewerb durch Nicht-Banken und Human Resources bewegen Bankverantwortliche am meisten. In: Berner Kantonalbank (éd.): *Umfrageergebnisse Regionalbanken 2017*.
- Zürcher M. (2016): Schweizerische Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (2016). Gegenstand, Relevanz und Praxis der Geisteswissenschaften. Eine philosophisch-anthropologische Begründung. Berne: Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH).

Annexe 2 – Abréviations

ASSH	Académie suisse des sciences humaines et sociales
ASSM	Académie suisse des sciences médicales
B2C	Business to consumer
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung (Allemagne)
CBE	Convention sur le brevet européen
CDEP	Conférence des chefs des départements cantonaux de l'économie publique
CDIP	Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique
CERN	Laboratoire européen pour la physique des particules nucléaire
CHF	Francs suisses
CIB	Classification internationale des brevets
CSEM	Centre Suisse d'électronique et de micro-technique
CSHE	Conférence suisse des hautes écoles
CSRE	Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation
CSS	Conseil suisse de la science
Cst.	Constitution fédérale de la Confédération suisse
CTI	Commission pour la technologie et l'innovation (à présent Innosuisse)
DEFR	Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche
DIRD	Dépenses intérieures brutes de R-D
DLT	Distributed-Ledger-Technologie
Eawag	Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau
ECI	Enquête communautaire sur les activités d'innovation des entreprises
EEN	Enterprise Europe Network
EIT	Institut européen d'innovation et de technologie
Empa	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche
B2B	Business to business
EPF	École polytechnique fédérale
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne
EPF Zurich	École polytechnique fédérale de Zurich
ERC	European Research Council
ES	Écoles supérieure
ESA	European Space Agency / Agence spatiale européenne
FHNW	HES de la Suisse du Nord-Ouest
FINMA	Autorité fédérale de surveillance des marchés financiers
FinTech	Technologie financière
FMN	Firmes multinationales
FNS	Fonds national suisse de la recherche scientifique
FRI	Formation, recherche et innovation
GEM	Global Entrepreneurship Monitor
HEP	Haute école pédagogique
HES	Haute école spécialisée
HES-SO	Haute école spécialisée de Suisse occidentale
HEU	Haute école universitaire
IA	Intelligence artificielle
IdO	Internet des objets
IFFP	Institut fédéral des hautes études en formation professionnelle
IHEID	Institut des hautes études internationales et du développement
industrie MEM	Industrie des machines, des équipements électriques et des métaux
InsurTech	Technologies d'assurance
IPI	Institut fédéral de la propriété intellectuelle
UIT	Union internationale des télécommunications
KI(B)S	Knowledge Intensive (Business) Services
KOF	Konjunkturforschungsstelle / Centre de recherches conjoncturelles de l'EPF Zurich

LEHE	Loi fédérale sur l'encouragement des hautes écoles et la coordination dans le domaine suisse des hautes écoles
LERI	Loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation
LFCo	Loi fédérale sur la formation continue
LFPPr	Loi fédérale sur la formation professionnelle
ln	Logarithme naturel
MEM	Industrie des machines, des équipements électriques et des métaux
MINT	Mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique
NOGA	Nomenclature générale des activités économiques
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OCM ES	Ordonnance du DEFR concernant les conditions minimales de reconnaissance des filières de formation et des études postdiplômes des écoles supérieures
ODD	Objectifs de développement durable de l'ONU
OEB	Office européen des brevets
OFS	Office fédérale de la statistique
OI	Organisation intermédiaire
OMPI	Organisation mondiale de la propriété intellectuelle
PCR	Programmes-cadres de recherche de l'UE
PCT	Patent Cooperation Treaty / Traité de coopération en matière de brevets
PI	Propriété intellectuelle
PIB	Produit intérieur brut
PISA	Programme international pour le suivi des acquis des élèves
PME	Petites et moyennes entreprises
PNR	Programmes nationaux de recherche
PPP	Partenariats public-privé
PRN	Pôles de recherches nationaux
PSI	Institut Paul Scherrer
Ra&D	Recherche appliquée et développement
R-D	Recherche et développement
RFFA	Loi fédérale relative à la réforme fiscale et au financement de l'AVS
RTN	Réseaux thématiques nationaux
SATW	Académie suisse des sciences techniques
SCCER	Swiss Competence Centers for Energy Research
SCNAT	Académie suisse des sciences naturelles
SECO	Secrétariat d'État à l'économie
SEFRI	Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation
SFI	Swiss Finance Institute
SHS	Sciences humaines et sociales
SIP	Switzerland Innovation Park
swiTT	Association suisse de transfert de technologie
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana
TIC	Technologies de l'information et de la communication
TST	Transfert de savoir et de technologie
UE	Union européenne
VAB	Valeur ajoutée brute
WSL	Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage

Annexe 3 – Suivi du projet

L'élaboration du rapport « Recherche et innovation en Suisse 2020 » a été accompagnée par des experts externes à l'administration fédérale (ad personam) ainsi que par des représentants des parties prenantes. Les sept études de la partie C ont chacune bénéficié de l'expertise d'un groupe de suivi.

Groupe d'experts (ad personam)

Prof. Uschi Backes-Gellner	Université de Zurich
Prof. em. Roman Boutellier	École polytechnique fédérale de Zurich
Richard Deiss	Commission Européenne (BE)
Prof. Dominique Foray	École polytechnique fédérale de Lausanne
Prof. Joachim Henkel	Technical University of Munich (DE)
Dr. Reto Naef	Novartis Pharma SA
Prof. em. Ulrich W. Suter	École polytechnique fédérale de Zurich

Groupe d'accompagnement (parties prenantes)

Académies suisses des sciences	Claudia Appenzeller-Winterberger
Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique	Madeleine Salzmann
Conseil des EPF	Dr. Patrick Vonlanthen
Conseil suisse de la science	Dr. Claudia Acklin / Eva Herrmann
economiesuisse	Dr. Roger Wehrli
Fonds national suisse	Fabio Molo
Innosuisse – Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation	Adrian Berwert
Office fédéral de la statistique	Pierre Sollberger
scienceindustries	Marcel Sennhauser
Secrétariat d'État à l'économie	Dr. Simon Jäggi
Swissmem	Robert Rudolph
swissuniversities	Dr. Anne Crausaz-Esseiva

Membres des groupes de suivi des études (ad personam)

Dr. Claudia Acklin	Conseil suisse de la science
Prof. em. Roman Boutellier	École polytechnique fédérale de Zurich
Adrian Berwert	Innosuisse – Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation
Dr. Christian Busch	Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation
Daniel Dossenbach	Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation
Dietmar Eglseder	suissetec
Prof. Dominique Foray	École polytechnique fédérale de Lausanne
Katrin Frei	Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation
Alois Gartmann	suissetec
Prof. Dietmar Grichnik	Institut pour le Management de la technologie, Université de Saint-Gall
Dr. Pierangelo Gröning	Empa – Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche
Prof. David Gugerli	École polytechnique fédérale de Zurich
Prof. Erik Hofmann	Institute of Supply Chain Management, Université de Saint-Gall
Dr. Stefan Kohler	Association suisse du transfert de technologies
Dr. Jürg Krebs	Inspire AG
Dr. Beat Moser	ancien directeur de scienceindustries
Prof. Samuel Mühlemann	LMU Munich (DE)

Robert Rudolph	Swissmem
Patrick Schwendener	PricewaterhouseCoopers SA
Dr. Hansueli Stamm	Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Dr. Cornelia Stengel	Swiss Fintech Innovations
Beat Weibel	Siemens, Munich (DE)
Prof. Christoph Weckerle	Haute École des arts de Zurich
Dr. Roger Wehrli	economiesuisse
Jürg Zellweger	Union patronale suisse
Dr. Markus Zürcher	Académie suisse des sciences humaines et sociales

