

L'avenir de la coopération technologique mondiale

Tendances et risques de l'engagement de l'UE dans les réseaux internationaux de R&D

André Wolf



Le débat actuel sur la sécurité économique de l'UE nourrit une attitude sceptique à l'égard de la coopération avec les pays tiers, y compris l'innovation conjointe. Pourtant, en particulier pour les technologies considérées comme critiques, un échange transfrontalier régulier de connaissances et d'idées est indispensable au succès de l'innovation. Basée sur des données complètes sur les brevets, cette étude du cep approfondit les modèles de coopération en matière de recherche dans l'UE pour six domaines technologiques critiques : matériaux avancés, IA, biotechnologies, connectivité, énergie et technologies des semi-conducteurs. Les résultats sont traduits en recommandations pour une stratégie de coopération de l'UE.

Principaux résultats :

- ▶ En ce qui concerne l'ampleur de l'activité de brevetage, l'UE ne possède d'avantages comparatifs dans aucun des domaines technologiques étudiés. En particulier, elle se concentre beaucoup moins sur les technologies critiques que ses principaux concurrents, tels que la Chine et le Japon.
- ▶ Dans tous les domaines, l'activité récente de l'UE en matière de brevets a révélé une forte intensité de la coopération avec les pays tiers. Les États-Unis sont restés le principal partenaire de recherche de l'UE, mais la Chine a gagné en importance.
- ▶ Les brevets de l'UE issus de coopérations de recherche avec des pays tiers ont reçu un nombre de citations nettement plus élevé que ceux dont les inventeurs sont purement nationaux. Leur part parmi les 10 % de brevets les plus cités était également beaucoup plus importante que proportionnelle.
- ▶ Le niveau moyen de protection des droits de propriété intellectuelle était comparativement faible parmi les partenaires de l'UE, reflétant largement l'importance des partenaires chinois et indiens.
- ▶ Pour exploiter au mieux les avantages de la collaboration internationale en matière de recherche, l'UE devrait élaborer une stratégie de coopération technologique spécifique. Cette stratégie devrait comprendre une diversification intelligente des partenaires de recherche, en mettant l'accent sur le Japon et la Corée du Sud, l'intégration des partenaires de coopération dans les programmes internes de soutien à la R&D et la fusion des partenariats bilatéraux en clubs technologiques plurilatéraux.
- ▶ La coopération en matière de politique d'innovation devrait être étendue au-delà de la collaboration dans le domaine de la recherche, en s'attaquant conjointement aux goulets d'étranglement existants dans la commercialisation des inventions.

Table des matières

1	Contexte	3
2	Formes et effets de la coopération technologique internationale	4
2.1	Création conjointe de connaissances	4
2.2	Partage et transfert de connaissances	7
3	Politiques de l'UE en matière de technologies critiques	11
3.1	Soutien à la recherche et initiatives de coopération	11
3.2	La stratégie de sécurité économique	13
3.3	La liste des technologies critiques.....	16
4	Analyse des brevets pour les technologies critiques	19
4.1	Méthode et données	19
4.2	Résultats.....	21
4.2.1	Performance globale.....	21
4.2.2	Réseaux mondiaux de coopération	24
4.2.3	Évaluation de la qualité des brevets.....	26
4.2.4	Analyse de risque des portefeuilles de partenaires	30
5	Discussion	33
5.1	Comparaison des domaines technologiques.....	33
5.2	Recommandations stratégiques.....	34
6	Conclusion	38
7	Annexe	40

Liste des figures

Figure 1 : Évolution des demandes annuelles de brevets par domaine technologique	22
Figure 2 : Avantages technologiques comparatifs révélés par domaine technologique	23
Figure 3 : Densité et degré de regroupement des réseaux de brevets par domaine technologique ...	25
Figure 4 : Intensité des coopérations internationales en matière de brevets par domaine technologique	26
Figure 5 : Moyenne des citations de brevets par domaine technologique	28
Figure 6 : Citations par composition de l'équipe et domaine technologique.....	29
Figure 7 : Citations par composition de l'équipe et par pays/région	30
Figure 8 : Niveau moyen de protection des DPI dans les pays partenaires (indice)	31
Figure 9 : Concentration par pays des portefeuilles de partenaires	32
Figure 10 : Degré de dépendance unilatérale dans la coopération en matière de recherche	33
Figure 11 : Intensité et qualité de la coopération technologique du point de vue de l'UE.....	34

1 Contexte

À l'heure où le climat géopolitique se dégrade sérieusement, la vision de la coopération internationale qui prévaut dans le monde occidental est en train de changer radicalement. L'idée d'un échange mutuellement bénéfique sous la bannière de règles universelles est remplacée par la notion d'un ordre fragmenté dans lequel les moyennes et grandes puissances s'affrontent, établissent et appliquent des règles et des normes régionales. Au lieu d'accueillir les fruits d'une division internationale du travail, une vision prudente de la coopération se répand, soulignant les risques pour la compétitivité nationale et même, dans certains cas, pour la sécurité nationale. L'UE ne fait pas exception à la règle, comme en témoignent sa stratégie de sécurité économique¹ et les propositions législatives qui en découlent. Elle affecte également le domaine de la coopération technologique avec les pays tiers, comme l'exprime le nouveau paradigme politique de la souveraineté technologique. Ce paradigme considère la capacité à exercer un contrôle sur le développement technologique comme une condition nécessaire au maintien de la compétitivité.² Par conséquent, éviter les risques de fuite des connaissances par le biais de coentreprises de R&D, d'exportations de biens ou d'investissements directs étrangers (IDE) pourrait être une priorité politique par rapport à l'exploitation des avantages de l'échange de connaissances avec les pays tiers.

Pour une région comme l'UE, qui aspire à être un leadership technologique mondial, une telle approche axée sur le risque est clairement insuffisante. Cela est particulièrement évident pour les technologies que l'UE considère comme essentielles. En raison de la complexité et de la nature transversale de domaines de recherche tels que les biotechnologies, la connectivité numérique et la robotique, les efforts d'innovation majeurs nécessitent un portefeuille diversifié de compétences spécialisées, un portefeuille qu'aucun pays ou région ne peut maintenir à des coûts raisonnables. Cela ne signifie pas que l'UE doive adopter un point de vue naïf sur les risques du partage des connaissances (intentionnel ou non). Au contraire, une politique technologique de l'UE orientée vers l'avenir devrait se fonder sur une analyse sobre des potentiels et des risques des modèles de coopération actuels dans des domaines technologiques d'importance stratégique.

Cette étude vise à alimenter le débat sur la coopération technologique en procédant à une analyse détaillée des réseaux mondiaux actuels de R&D pour un ensemble de technologies essentielles, en s'appuyant sur les données internationales relatives aux brevets. Elle explique la vision économique de la coopération technologique comme un compromis entre les gains de productivité dans la création de connaissances et le maintien du contrôle sur l'utilisation des connaissances partagées. Il identifie les tendances générales de la force des liens de coopération à l'échelle mondiale et la position des inventeurs de l'UE dans ces réseaux de brevets. Elle étudie la qualité des brevets issus de la coopération avec les pays tiers par rapport aux brevets purement nationaux. En outre, il entreprend une évaluation des risques du portefeuille actuel des partenaires de recherche de l'UE dans les domaines technologiques uniques à l'aide d'une série d'indicateurs de risque par pays. Enfin, il fournit des recommandations pour l'avancement des stratégies de partenariat de l'UE existantes.

¹ Commission européenne / Haute représentante de l'Union pour les affaires étrangères et la politique de sécurité (2023). Communication conjointe au Parlement européen, au Conseil européen et au Conseil sur la "Stratégie européenne de sécurité économique". JOIN(2023) 20 final.

² Edler, J., Blind, K., Kroll, H. et Schubert, T. (2023). La souveraineté technologique en tant que cadre émergent pour la politique d'innovation. *Defining rationales, ends and means*. *Research Policy*, 52(6), 104765.

2 Formes et effets de la coopération technologique internationale

2.1 Création conjointe de connaissances

La collaboration internationale en matière de recherche s'est avérée depuis longtemps indispensable pour résoudre les problèmes mondiaux. Plus récemment, la pandémie de COVID-19 a suscité un nombre important de recherches transfrontalières dynamiques et fructueuses qui ont contribué de manière décisive à mettre fin à la pandémie.³ Ces collaborations ne se limitent pas au monde universitaire. À plus petite échelle, la recherche transfrontalière fait également partie des activités quotidiennes des entreprises dont la production est à forte intensité de connaissances. La littérature suggère que la motivation et les perspectives de réussite de ces projets commerciaux internationaux de recherche et développement (R&D) peuvent varier en fonction de l'arrangement institutionnel.

Tout d'abord, on peut distinguer si la coopération internationale en matière de recherche a lieu à l'intérieur ou à l'extérieur des frontières d'une entreprise. Le premier cas correspond à un scénario dans lequel les activités de R&D sont délocalisées du siège d'une entreprise multinationale (EMN) vers une filiale étrangère. Il peut s'agir d'un site de production étranger ou d'une filiale créée uniquement à des fins d'activités de recherche et de développement. Du point de vue de l'entreprise, plusieurs raisons peuvent justifier l'externalisation des activités de R&D. L'une d'entre elles peut être la grande disponibilité des ressources humaines et financières. L'une d'entre elles peut être la grande disponibilité de chercheurs et d'ingénieurs possédant les compétences adéquates sur le site étranger. Outre les connaissances incarnées par les chercheurs, les sites de R&D étrangers peuvent également servir à accéder à des connaissances non codifiées sur place par le biais d'échanges personnels avec des institutions de R&D locales, c'est-à-dire à bénéficier de retombées de connaissances limitées dans l'espace. Dans les deux cas, la décision relative au site de recherche est le résultat d'une optimisation de l'efficacité de la R&D à l'échelle de l'entreprise. Cependant, elle peut également être de nature à long terme et viser à conquérir les marchés étrangers respectifs. Dans cette optique, la présence de filiales de R&D à l'étranger devrait également permettre d'obtenir des informations sur les marchés étrangers (préférences, concurrents, conditions réglementaires spécifiques) et, à cet égard, représente une alternative moins risquée que l'implantation immédiate de sites de production à l'étranger.

Dans de nombreux cas, la coopération internationale en matière de recherche dépasse les frontières d'une seule entreprise. Si la coopération entre les institutions de recherche à but non lucratif, telles que les universités du monde entier, est un phénomène établi de longue date et sert généralement à améliorer l'efficacité mutuelle, la situation est plus complexe pour les entreprises privées. Les questions importantes sont de savoir quelles règles sont établies pour l'utilisation des connaissances préexistantes et créées en commun et comment elles peuvent être appliquées. La littérature a accordé une attention particulière au cas des entreprises indépendantes qui conviennent d'un partenariat de recherche clairement défini et limité dans le temps. Hagedoorn et al. (2000) distinguent deux catégories de partenariats de recherche formels : Les sociétés de recherche et les coentreprises de recherche.⁴ Les entreprises de recherche sont définies comme des coentreprises de capitaux propres qui se concentrent sur les activités de R&D de deux ou plusieurs entreprises indépendantes et qui

³ Grammes, N., Millenaar, D., Fehlmann, T., Kern, F., Böhm, M., Mahfoud, F. et Keller, A. (2020). Research output and international cooperation among countries during the COVID-19 pandemic : scientometric analysis (Résultats de la recherche et coopération internationale entre les pays pendant la pandémie de COVID-19 : analyse scientométrique). *Journal of medical Internet research*, 22(12), e24514.

⁴ Hagedoorn, J., Link, A. N., & Vonortas, N. S. (2000). Research partnerships. *Research policy*, 29(4-5), 567-586.

prennent la forme d'une propriété conjointe d'une entreprise distincte. La création d'une telle institution s'accompagne d'un niveau élevé d'engagement (capital, ressources humaines, effort organisationnel) de la part des entreprises concernées.

Les coentreprises de recherche sont définies comme des accords contractuels sans participation au capital. Elles offrent une plus grande flexibilité et nécessitent moins d'efforts organisationnels, car aucune nouvelle organisation n'est créée. Toutefois, contrairement aux sociétés de recherche, elles ne représentent pas une solution au problème des contrats incomplets souligné par l'école des coûts de transaction.⁵ Les efforts communs de R&D sont régis par une spécificité élevée et un spectre de risques incalculable. À cet égard, l'internalisation des relations au sein d'une organisation commune peut représenter une stratégie raisonnable pour réduire les coûts de transaction, par exemple en permettant de mieux spécifier et contrôler les performances de l'autre partie. Les sociétés de recherche sont donc principalement une solution pour les collaborations de recherche globales et à long terme, tandis que les coentreprises de recherche conviennent pour des projets clairement limités.

Au-delà de ces divergences, les deux formes peuvent résulter de motivations similaires. Dans le cas des partenariats entre entreprises indépendantes de différents pays, il s'agit notamment des raisons évoquées pour la recherche transfrontalière interne à l'entreprise (accès à des compétences, des informations et des marchés étrangers). À cela s'ajoutent les avantages résultant de la mise en commun des capitaux. Il s'agit notamment des avantages en termes de coûts découlant du partage des coûts fixes des installations de R&D et des gains d'efficacité grâce à l'exploitation commune des économies d'échelle et de gamme. En outre, dans une perspective à long terme, le partage des multiples risques (par exemple, le développement des technologies et des marchés) liés aux activités de R&D contribue à réduire les coûts de financement des entreprises participantes.⁶ La complémentarité des profils de connaissances des partenaires est un aspect important qui peut accroître les gains mutuels des partenariats. Les entreprises disposant d'une expertise et d'une expérience dans différents segments de connaissances peuvent se compléter dans le cadre d'activités conjointes de R&D, à condition que les connaissances impliquées puissent être combinées. Cela permet de créer des synergies et de favoriser l'apprentissage mutuel.⁷ Dans le cas de la coopération transfrontalière, il s'agit d'un cas particulier de division internationale du travail. Enfin, une autre raison peut être le désir d'améliorer l'internalisation des connaissances générées dans le contexte de la R&D, c'est-à-dire d'éviter les débordements de connaissances. La collaboration sert donc également à mieux contrôler et à limiter le traitement des connaissances générées par les partenaires de la collaboration.

L'un des obstacles à la conclusion de partenariats de recherche est le risque que la limitation de l'utilisation des connaissances échoue en raison d'un contrôle ou d'une applicabilité insuffisants. Cela s'applique, par exemple, aux cas où un partenaire utilise des connaissances créées conjointement pour ses propres innovations de suivi afin d'améliorer sa position sur le marché, en particulier si les collaborateurs sont en concurrence sur les mêmes marchés. L'inadéquation institutionnelle entre les partenaires peut également entraver les collaborations, par exemple en cas de différences organisationnelles et culturelles majeures.⁸ Ce dernier facteur est particulièrement important pour les

⁵ Williamson, O. E. (1996). *The mechanisms of governance*. Oxford university press.

⁶ Vonortas, N. S. (2012). *Coopération en matière de recherche et de développement* (Vol. 11). Springer Science & Business Media.

⁷ Harrison, J. S., Hitt, M. A., Hoskisson, R. E. et Ireland, R. D. (2001). Resource complementarity in business combinations : Extending the logic to organizational alliances. *Journal of management*, 27(6), 679-690.

⁸ Georghiou, L. (1998). Coopération mondiale en matière de recherche. *Research policy*, 27(6), 611-626.

collaborations internationales en matière de recherche, car dans ce cas, il peut résulter de différences nationales générales dans les cultures d'entreprise.

Les coopérations en matière de R&D entre les entreprises et les institutions publiques de recherche (universités, instituts publics de recherche) représentent un cas particulier. Dans ce type de coopération, une éventuelle inadéquation institutionnelle concerne non seulement la forme, mais aussi les objectifs des organisations. Les institutions qui visent principalement l'accumulation à long terme de connaissances et d'expertise sont en contradiction avec le désir des entreprises de commercialiser les connaissances créées et d'amortir les investissements en R&D. C'est pourquoi les collaborations se concentrent souvent sur l'accumulation à long terme de connaissances et d'expertise. C'est pourquoi les collaborations se concentrent souvent sur le soutien passif des institutions de recherche dans les activités de recherche fondamentale.⁹ Cela permet aux entreprises d'externaliser les activités de recherche fondamentale et donc de se spécialiser dans les étapes ultérieures du processus d'innovation. Conformément à cette idée, Hall et al. (2003) montrent que les partenariats de recherche impliquant des universités se spécialisent dans de nouveaux domaines de recherche révolutionnaires. D'une part, ils sont associés à plus de difficultés et de retards. D'autre part, ils sont moins susceptibles d'être interrompus prématurément, ce qui souligne l'engagement continu à long terme qui caractérise ces partenariats.¹⁰

D'un point de vue sociétal, les partenariats de recherche promettent une solution (partielle) au problème des activités de R&D socialement insuffisantes des entreprises privées en raison de la présence d'externalités positives (retombées de la connaissance). Même si des lois strictes sur les brevets et les droits d'auteur sont en place, ces retombées ne peuvent souvent pas être totalement évitées, car toute protection de la propriété intellectuelle est limitée dans le temps, restreinte aux connaissances codifiables et sujette à des coûts d'application. En revanche, la coopération formelle en matière de recherche permet aux partenaires d'exercer un plus grand contrôle sur la circulation de l'information, tout en autorisant au moins un certain partage des connaissances non rivales au sein du partenariat. Cela contribue à accroître l'activité globale de R&D, sans pour autant supprimer totalement le canal d'amélioration du bien-être que constituent les retombées de la connaissance.¹¹ Contrairement aux subventions générales à la R&D, la promotion spécifique des partenariats de recherche contribue également à réduire les coûts d'adoption grâce à la participation conjointe à la création de la technologie. Par conséquent, les politiques prévoyant des incitations fiscales (par exemple, des allègements fiscaux pour les coentreprises de R&D, des bons de R&D) et/ou des infrastructures de collaboration pour les partenariats de recherche peuvent potentiellement améliorer le bien-être.

Toutefois, il convient de mettre en balance le risque que l'innovation commune en matière de produits devienne le point de départ d'une coentreprise de production ou d'une collusion, ce qui pourrait engendrer des situations de monopole sur les marchés futurs. En outre, d'un point de vue national, les retombées transfrontalières de connaissances causées par la coopération en matière de recherche peuvent être préjudiciables lorsqu'elles renforcent de manière significative la compétitivité des entreprises étrangères. C'est notamment le cas lorsque ces entreprises sont en concurrence dans des domaines de spécialisation de l'économie nationale. Toute politique de soutien à la coopération ciblée

⁹ Mascarenhas, C., Ferreira, J. J., & Marques, C. (2018). Coopération université-industrie : Une revue systématique de la littérature et un programme de recherche. *Science et politique publique*, 45(5), 708-718.

¹⁰ Katz, M. L. (1986). An analysis of cooperative research and development. *The RAND Journal of Economics*, 527-543.

¹¹ Hall, B. H., Link, A. N. et Scott, J. T. (2003). Universities as research partners. *Review of Economics and Statistics*, 85(2), 485-491.

doit donc être soigneusement conditionnée et complétée par des règles d'entreprise relatives à l'appropriation des connaissances et à la prévention de la collusion.

D'un point de vue empirique, les données relatives à la réussite des partenariats de recherche privés sont assez mitigées et mettent en évidence plusieurs conditions. En s'appuyant sur les évaluations subjectives des entreprises participantes, Caloghirou et al. (2003) identifient trois principaux facteurs de réussite : la proximité de l'activité de recherche commune avec la recherche interne régulière des entreprises, les efforts d'apprentissage institutionnel entrepris par les entreprises dans le cadre du partenariat et l'existence de règles claires en matière d'appropriation des connaissances.¹² Plus récemment, Noseleit & de Faria (2013) ont étudié les effets secondaires des partenariats sur l'efficacité de la R&D interne de l'entreprise. Ils ont constaté un effet secondaire positif en cas de collaboration avec des partenaires issus de secteurs connexes et un effet négatif avec des partenaires issus de secteurs non connexes.¹³ Cela souligne le fait que tout impact positif des complémentarités de connaissances est réduit avec l'augmentation de la distance de connaissances entre les partenaires.

2.2 Partage et transfert de connaissances

Une autre forme importante de coopération technologique internationale est le transfert (intentionnel ou non) de connaissances créées dans un pays à des personnes/institutions situées dans un autre pays. L'origine de ce canal est la nature en partie publique et en partie privée du rendement des investissements technologiques (voir la sous-section précédente). Souvent, seule une partie des connaissances créées par la recherche et le développement peut être conservée en interne par la partie innovante. Et la protection juridique des connaissances générées est souvent limitée dans le temps. D'un point de vue sociétal, les retombées de la connaissance augmentent le bien-être en raison de leur nature d'externalités positives.¹⁴

Les causes et les effets de la diffusion transfrontalière des connaissances ont depuis longtemps attiré l'attention des économistes du développement et de la croissance. Les économies en développement se caractérisent généralement par une faible intensité de R&D, en raison de l'insuffisance des ressources nécessaires à la mise en place d'une infrastructure de recherche nationale. Par conséquent, l'afflux de connaissances en provenance d'économies technologiquement avancées représente une source importante de mise à niveau technologique et, par conséquent, d'amélioration de la productivité au fil du temps. C'est ce qui a donné naissance au concept des modèles leader-lagueur, dans lesquels la croissance macroéconomique des pays technologiquement inférieurs est essentiellement alimentée par l'afflux continu de nouvelles connaissances en provenance des pays leaders qui investissent massivement dans la R&D. Cet afflux est généralement soumis à un certain degré d'incertitude quant à l'évolution de l'économie.¹⁵ Cet afflux est généralement soumis à un certain retard par rapport à la création des connaissances, ce qui implique un écart technologique persistant entre les pays leaders et les pays retardataires.

¹² Caloghirou, Y., Hondroyiannis, G. et Vonortas, N. S. (2003). The performance of research partnerships. *Managerial and Decision Economics*, 24(2-3), 85-99.

¹³ Noseleit, F. et de Faria, P. (2013). Complementarities of internal R&D and alliances with different partner types (Complémentarité de la R&D interne et des alliances avec différents types de partenaires). *Journal of Business Research*, 66(10), 2000-2006.

¹⁴ Keller, W. (2004). International technology diffusion. *Journal of Economic Literature*, 42(3), 752-782.

¹⁵ Nelson, R. R. et Phelps, E. S. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69-75.

Conformément à l'opinion commune selon laquelle le coût de l'innovation diminue avec le stock de connaissances existantes¹⁶, une telle forme de division internationale du travail peut être considérée comme optimale du point de vue du bien-être dans une perspective mondiale. La mesure dans laquelle elle contribue à une convergence ou à une divergence progressive des niveaux de revenus internationaux dépend d'un ensemble de paramètres spécifiques. Il s'agit notamment de la vitesse des transferts transfrontaliers de connaissances, de la chronologie de la diffusion des technologies dans les pays en retard, des coûts d'adoption des technologies et de la capacité d'absorption.

Benhabib & Spiegel (2005) illustrent le rôle important de la nature de la diffusion technologique en établissant une distinction entre un processus exponentiel et un processus logistique d'adoption de la technologie par les pays en retard au fil du temps.¹⁷ Dans le cas d'une diffusion exponentielle des technologies, les pays leaders et retardataires convergent vers les mêmes taux de croissance du PIB à long terme. Cela correspond à une situation dans laquelle les pays leaders jouent le rôle de "locomotives de croissance" pour le reste du monde, les pays en retard rattrapant leur retard en termes de dynamique de croissance, mais pas en termes de niveaux de revenus absolus. Dans l'hypothèse d'une diffusion logistique, l'adoption de la technologie est fortement retardée pour les pays en retard, éloignés de la frontière technologique. Cela reflète la difficulté particulière à laquelle sont confrontées les économies les plus inférieures sur le plan technologique pour adopter des technologies avancées. Benhabib & Spiegel (2005) montrent que cela peut, dans certaines circonstances, donner lieu à une divergence internationale des revenus. Dans le même temps, des clubs de convergence conditionnelle de la croissance peuvent émerger parmi les pays ayant un niveau technologique similaire.¹⁸ Pour sortir de ces clubs, il faut investir massivement dans la capacité d'absorption nationale.

En ce qui concerne les conditions nationales d'adoption des technologies, la littérature souligne le rôle des coûts d'absorption en tant que paramètre crucial pour la stabilité d'une structure leader-lagueur. Le fait que l'imitation tende à être moins chère que l'innovation et que la productivité de l'innovation augmente dans le stock de connaissances implique qu'un tel arrangement peut être stable. Il existe également un consensus sur le fait que les coûts d'adoption d'une technologie diminuent avec l'âge de la technologie.¹⁹ Cela signifie qu'une stratégie efficace pour les pays en retard peut consister à se concentrer sur la mise en œuvre de technologies moins récentes.

Le niveau de capital humain national est considéré comme un facteur crucial pour la capacité globale d'adoption des technologies d'un pays, d'abord propagé par le modèle séminal de Nelson & Phelps (1966).²⁰ Grâce à une stratégie d'investissement dans l'enseignement supérieur, les pays pourraient réussir à échapper aux pièges de la croissance en améliorant leur capacité à adopter rapidement les technologies les plus récentes. Cependant, des recherches récentes soulignent les conditions d'un tel modèle de croissance centré sur le capital humain. Comin & Hobijm (2010) démontrent que la pertinence du capital humain est spécifique à la technologie. Il est plus efficace pour réduire le délai d'adoption des technologies qui dépendent fortement de compétences spécialisées en haute technologie,

¹⁶ Porter, M. E. et Stern, S. (2000). Measuring the "Ideas" Production Function : Evidence from International Patent Output (No. 7891). National Bureau of Economic Research, Inc.

¹⁷ Benhabib, J. et Spiegel, M. M. (2005). Human capital and technology diffusion. *Handbook of economic growth*, 1, 935-966.

¹⁸ Durlauf, S. N. et Johnson, P. A. (1995). Multiple regimes and cross-country growth behaviour. *Journal of applied econometrics*, 10(4), 365-384.

¹⁹ Keller, W. (1996). Absorptive capacity : On the creation and acquisition of technology in development. *Journal of development economics*, 49(1), 199-227.

²⁰ Voir Nelson et Phelps (1966).

comme les ordinateurs, les robots et l'électricité.²¹ En outre, Asif & Lahiri (2021) soulignent la nécessité d'établir une distinction entre les différentes formes de capital humain. Ils constatent que l'apprentissage par la pratique est un facteur plus important pour la capacité d'absorption que les compétences cognitives ou le nombre d'années d'études.²²

En ce qui concerne les modes spécifiques de transfert transfrontalier des connaissances technologiques, la littérature identifie quatre canaux principaux : le commerce des marchandises, les investissements directs étrangers (IDE), la communication personnelle et l'aide à la coopération technique spécifique. Ces canaux ne s'excluent pas mutuellement, mais se chevauchent et se renforcent les uns les autres. En participant aux échanges transfrontaliers de marchandises, les entreprises en retard technologique ont la possibilité d'accéder à des connaissances étrangères par le biais de l'apprentissage par l'importation. Les connaissances tirées des plans étrangers sont incorporées dans les produits importés. Grâce à des méthodes telles que l'ingénierie inverse, les pays en retard peuvent accéder à ces connaissances et les convertir en produits compétitifs. Tant que le bien intermédiaire est moins cher que ses coûts d'opportunité, y compris les coûts de R&D pour le développement de ses propres produits, ce canal est bénéfique pour le pays importateur.²³

Ainsi, l'apprentissage par l'importation est une stratégie potentiellement fructueuse pour les économies en développement afin d'échapper aux restrictions de croissance dues à une spécialisation commerciale malheureuse, ou du moins d'en atténuer les conséquences. L'utilisation du côté des importations pour une mise à niveau technologique continue promet un moyen de sortir du piège des ressources auquel ces économies sont confrontées du côté des exportations. Il s'agit là d'un argument supplémentaire en faveur des effets positifs du libre-échange sur la croissance à long terme, qui complète les gains de productivité statiques résultant de la spécialisation par la perspective de gains de productivité dynamiques grâce aux retombées. Dans un tel ordre commercial, l'inégalité entre les pays pourrait être maintenue, car certains pays possèdent l'avantage technologique critique qui leur permet de rester à la pointe de l'innovation. Cependant, tous les pays commerçants pourraient finir par être mieux lotis, car cet arrangement maximise la productivité globale de la R&D et distribue les résultats de l'innovation par le biais du commerce.

Dans le même temps, on peut s'attendre à ce que l'intensité de cet effet dépende de la composition des biens échangés. Les importations en provenance des secteurs de haute technologie offrent un plus grand potentiel de diffusion des connaissances. Par conséquent, les politiques commerciales et industrielles des économies en développement pourraient se concentrer sur l'augmentation de la demande d'importation de biens de haute technologie (par exemple, par le biais d'une réduction tarifaire ciblée et de la promotion des capacités nationales en aval) afin de stimuler la productivité générale. La littérature empirique fournit, au moins pour certains groupes de produits, des preuves d'un tel lien entre la composition des importations et la croissance de la productivité. Par exemple, Xu & Wang (1999) montrent un effet de composition robuste pour les biens d'équipement.²⁴ Cela laisse entrevoir la conditionnalité de toute stratégie d'apprentissage par l'importation. Elle présuppose l'existence d'une base industrielle suffisante fournissant à la fois les impulsions de la demande pour les importations de

²¹ Comin, D. et Hobijn, B. (2010). An exploration of technology diffusion. *American economic review*, 100(5), 2031-2059.

²² Asif, Z. et Lahiri, R. (2021). Dimensions of human capital and technological diffusion. *Empirical Economics*, 60(2), 941-967.

²³ Keller, W. (2021). *Knowledge Spillovers, Trade, and FDI* (No. 28739). National Bureau of Economic Research, Inc.

²⁴ Xu, B. et Wang, J. (1999). Capital goods trade and R&D spillovers in the OECD (Commerce de biens d'équipement et retombées de la R&D dans l'OCDE). *Revue canadienne d'économie*, 1258-1274.

haute technologie et les compétences nécessaires à l'extraction et à l'application des connaissances incorporées.

Un autre canal pour les flux de connaissances transfrontaliers est l'implantation d'entreprises étrangères dans un pays, c'est-à-dire une forme d'IDE. En particulier, le transfert de connaissances peut se produire si ces entreprises ouvrent des sites de production ou des centres de recherche dans le pays. De cette manière, les travailleurs nationaux de la production et de la R&D acquièrent des connaissances et de l'expérience dans la manipulation des technologies étrangères. Là encore, on peut s'attendre à ce que l'intensité de ces effets soit spécifique au produit. Pour réduire le fossé technologique, les pays en retard technologique ont une incitation spécifique à attirer des IDE de haute qualité, c'est-à-dire des entreprises produisant à proximité de la frontière technologique.

Les producteurs des pays d'origine peuvent également bénéficier des transferts de connaissances qui en résultent. Un écart technologique plus faible leur permet de produire à moindre coût dans les pays d'accueil et donc de bénéficier davantage d'une division internationale du travail.²⁵ Toutefois, du point de vue de l'investisseur individuel, ces avantages sont largement externes, alors qu'il est immédiatement confronté aux coûts des sorties de connaissances (concurrence des entreprises nationales dans les pays d'accueil). Par conséquent, les pays d'accueil devront mettre en place des mesures supplémentaires pour avoir accès aux connaissances critiques des entreprises. La politique chinoise en matière d'obligations liées aux coentreprises en est un exemple frappant.²⁶ Dans l'ensemble, les preuves empiriques du rôle de l'IDE dans la diffusion des connaissances sont assez mitigées, en partie parce que l'IDE dans les pays où le besoin de rattrapage est le plus important est encore principalement une activité à faible niveau de qualification.²⁷

L'importance de la communication personnelle pour la diffusion des connaissances est due au fait que toutes les connaissances ne sont pas codifiables. Une partie d'entre elles est tacite et peut être transférée au mieux par le biais d'une communication personnelle en face-à-face ou numérique. Cependant, en raison de la difficulté d'observer et de mesurer ces types de flux de connaissances, les preuves empiriques de leur pertinence sont rares. Enfin, l'aide à la coopération technique aux économies en développement constitue un vecteur de diffusion technologique pleinement intentionnel. Il peut s'agir de projets de développement spécifiques ou de formes régulières d'échange par le biais de bourses, de séminaires et d'ateliers. Par rapport à d'autres canaux de diffusion, elle dépend moins de la capacité d'absorption des pays bénéficiaires, mais contribue au contraire à renforcer cette capacité. En fait, Sawada et al. (2012) montrent que l'aide à la coopération technique est capable de compenser les effets négatifs d'un manque de capital humain dans le processus de rattrapage d'une économie en développement.²⁸

Enfin, la littérature souligne l'importance de certaines conditions-cadres pour une diffusion réussie des connaissances. Parmi celles-ci figurent l'existence de marchés concurrentiels et l'absence de distorsions majeures au niveau du commerce et de l'investissement internationaux.²⁹ Le niveau de

²⁵ Glass, A. J. et Saggi, K. (1998). International technology transfer and the technology gap. *Journal of development economics*, 55(2), 369-398.

²⁶ Jiang, K., Keller, W., Qiu, L. et Ridley, W. (2019). La politique chinoise en matière de coentreprises et le transfert international de technologies. *VoxChina*.

²⁷ Keller, W. (2004). International technology diffusion. *Journal of Economic Literature*, 42(3), 752-782.

²⁸ Sawada, Y., Matsuda, A. et Kimura, H. (2012). On the role of technical cooperation in international technology transfers. *Journal of International Development*, 24(3), 316-340.

²⁹ Voir Keller (2004).

développement du secteur financier joue également un rôle important. Comin & Nanda (2019) montrent qu'une plus grande profondeur des marchés financiers augmente la vitesse de diffusion des technologies à forte intensité de capital.³⁰

3 Politiques de l'UE en matière de technologies critiques

3.1 Soutien à la recherche et initiatives de coopération

La volonté de promouvoir la coopération internationale en matière de recherche dans les technologies clés fait partie intégrante de l'idée européenne depuis le début. En 1971, la Communauté économique européenne (CEE) et 19 autres pays européens ont mis en place le programme de coopération scientifique et technologique (COST),³¹, une initiative visant à promouvoir la création de réseaux de recherche internationaux en Europe. En 1983, le premier programme-cadre de recherche financé par la Communauté a été approuvé.³² Par la suite, le programme-cadre pluriannuel a été inclus dans le traité CEE. Depuis lors, les programmes ont été progressivement élargis à chaque période de programmation. Horizon Europe, le programme-cadre actuel pour la période 2021-2027, comprend un budget de 95,5 milliards d'euros pour la stratégie de recherche et d'innovation.³³ D'autres moyens de financement de la recherche sont alloués par l'intermédiaire des Fonds structurels et d'investissement européens de l'UE. Dans ses stratégies de développement spécifiques aux technologies, l'aspect financier est complété par des politiques de soutien visant à surmonter les goulets d'étranglement dans la mise en œuvre de l'innovation dans les modèles d'entreprise. Les exemples les plus récents d'une telle approche holistique sont l'initiative sur la biotechnologie et la biofabrication³⁴ et la stratégie sur les matériaux avancés.³⁵

Ces dernières années, les tentatives de stimuler la coopération en matière de R&D au sein de l'UE se sont accompagnées d'une intensification de l'ouverture aux pays tiers. Avec le Japon, l'UE a signé en 2009 un premier accord de coopération scientifique et technologique prévoyant l'échange de ressources de R&D et l'ouverture réciproque de programmes de financement propres.³⁶ Cet accord a préparé le terrain pour l'**accord de partenariat stratégique global UE-Japon (SPS)** qui sera signé en 2019.³⁷ En complément de l'accord de partenariat économique (APE)³⁸, il vise à approfondir la coopération bilatérale en matière de recherche et de réglementation dans des domaines tels que la connectivité et

³⁰ Comin, D. et Nanda, R. (2019). Développement financier et diffusion des technologies. *Revue économique du FMI*, 67, 395-419.

³¹ COST (2024). [Faire germer les idées grâce aux réseaux](#). Coopération européenne dans le domaine de la science et de la technologie.

³² Conseil européen (1983). Résolution du Conseil du 25 juillet 1983 relative à des programmes-cadres pour des actions communautaires de recherche, de développement et de démonstration et à un premier programme-cadre 1984-1987. Document 31983Y0804(01)

³³ Commission européenne (2024a). [Horizon Europe](#). Recherche et innovation.

³⁴ Commission européenne (2024b). Construire l'avenir avec la nature - Promouvoir la biotechnologie et la bioproduction dans l'UE. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2024) 137 final.

³⁵ Commission européenne (2024c). Matériaux avancés pour un leadership industriel. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2024) 98 final. Voir Wolf, A. (2024). [Matériaux avancés pour l'ère verte et numérique](#). ceplnput No. 8/2024.

³⁶ Union européenne (2011). Accord de coopération scientifique et technologique entre la Communauté européenne et le gouvernement du Japon.

³⁷ Union européenne / Japon (2018a). Accord de partenariat stratégique entre l'Union européenne et ses États membres, d'une part, et le Japon, d'autre part. JO L 216 du 24.8.2018, p. 4-22.

³⁸ Union européenne / Japon (2018b). Accord entre l'Union européenne et le Japon pour un partenariat économique. JO L 330 du 27.12.2018, p. 3-899.

les technologies numériques et énergétiques, l'objectif principal étant de promouvoir un ordre mondial fondé sur des règles.³⁹ En tant que mécanisme de gouvernance, un comité scientifique et technologique conjoint supervisant les progrès de la coopération en matière de recherche a été mis en place.⁴⁰ En outre, un premier partenariat spécifiquement consacré à la sûreté et à la sécurité dans les technologies numériques a été conclu en mai 2022.⁴¹

Avec la Corée du Sud, l'UE a conclu un **partenariat numérique UE-République de Corée** en 2022.⁴² Ce partenariat est censé stimuler les travaux conjoints dans des domaines clés de la technologie numérique tels que l'informatique quantique et l'intelligence artificielle (IA), ainsi que les efforts visant à rendre l'innovation numérique compatible avec les valeurs sociales communes. À ce jour, les résultats concrets du partenariat comprennent un appel conjoint à propositions de recherche sur le thème des technologies 6G,⁴³ l'ouverture d'un forum de recherche collaborative sur les semi-conducteurs⁴⁴ et l'adhésion de la Corée du Sud au programme Horizon Europe de l'UE en tant que membre associé.⁴⁵

Avec l'Australie, la coopération en matière de recherche remonte à un premier accord de coopération scientifique et technologique conclu en 1994.⁴⁶ La promotion de la recherche conjointe fait également partie intégrante de l'**accord-cadre UE-Australie** de 2017, qui renforce le partenariat bilatéral en vue de relever les défis mondiaux.⁴⁷ Avec le Canada, le cadre de la coopération en matière de recherche est fixé par l'**accord de partenariat stratégique UE-Canada** de 2016.⁴⁸ Le 3 juillet 2024, le Canada a été associé au pilier "recherche industrielle" d'Horizon Europe.⁴⁹

La forme de coopération la plus importante en termes de taille de marché a jusqu'à présent été établie avec les États-Unis. Le 15 juinth 2021, le **Conseil du commerce et de la technologie UE-USA (TTC)** a vu le jour.⁵⁰ Son principal objectif est de maintenir le leadership industriel et technologique des partenaires dans des domaines d'intérêt stratégique clé en travaillant ensemble sur des règles communes pour le commerce international et l'investissement. Son approche consiste à placer les politiques de recherche et de technologie dans le contexte plus large des marchés mondiaux et de la concurrence. En réduisant les obstacles au marché liés à la technologie (par exemple, le manque d'interopérabilité) et en gérant les divers risques liés à la mise en œuvre de la technologie (par exemple, la sécurité de la propriété intellectuelle, les droits de l'homme fondamentaux, l'infrastructure publique), il vise à définir

³⁹ SEAE (2020). [Partenariat stratégique UE-Japon](#). Factsheet. Service européen pour l'action extérieure.

⁴⁰ Commission européenne (2023a). [Septième réunion du Comité mixte de coopération scientifique et technologique UE-Japon \(JSTCC\)](#). Article de presse 18.12.2023.

⁴¹ Conseil européen / Japon (2022). [Partenariat numérique Japon-UE](#).

⁴² Conseil européen / République de Corée (2022). [Partenariat numérique entre l'Union européenne et la République de Corée](#).

⁴³ Euronews (2024). La [Corée du Sud et l'Europe vont renforcer leur coopération sur la 6G et la recherche sur les puces](#). Actualités 15 mars 2024.

⁴⁴ RPN (2024). [L'UE et la Corée du Sud mettent en place un forum de recherche sur les semi-conducteurs](#). Research Professional News, 27 mars 2024.

⁴⁵ Science | Business (2024). La [Corée du Sud rejoint Horizon Europe dans le cadre d'une initiative de plusieurs milliards d'euros visant à mondialiser la science](#). Actualités, 25 mars 2024.

⁴⁶ Australie / Union européenne (1994). Accord relatif à la coopération scientifique et technique entre la Communauté européenne et l'Australie. JO L 188 du 22.7.1994, pp. 18 - 25.

⁴⁷ Australie / Union européenne (2017). Accord-cadre entre l'Union européenne et ses États membres, d'une part, et l'Australie, d'autre part. JO L 237 du 15.9.2017, pp. 7 - 35.

⁴⁸ Canada / Union européenne (2016). Accord de partenariat stratégique entre l'Union européenne et ses États membres, d'une part, et le Canada, d'autre part. JO L 329, 03.12.2016, p. 45 - 65.

⁴⁹ Commission européenne (2024d). Le [Canada rejoint le programme Horizon Europe](#). Communiqué de presse, 3 juillet 2024.

⁵⁰ Commission européenne (2021a). L'UE et les États-Unis lancent un Conseil du commerce et de la technologie pour mener une transformation numérique mondiale fondée sur des valeurs. Communiqué de presse, 15 juin 2021.

et à mettre en œuvre un environnement de marché sûr et équitable pour les technologies de pointe. Il est organisé en groupes de travail couvrant cinq domaines clés de coopération : les contrôles à l'exportation, l'examen des investissements directs étrangers, les chaînes d'approvisionnement sécurisées, les normes technologiques et les défis commerciaux mondiaux. Les résultats des six réunions ministérielles tenues jusqu'à présent comprennent des accords sur des normes communes en matière d'infrastructure de recharge, des principes communs pour le développement de l'IA et une feuille de route pour le déploiement des technologies 6G.⁵¹ En outre, le TTC a été complété par un dialogue conjoint sur la politique de concurrence technologique visant à renforcer la coopération transatlantique en matière de politiques de concurrence pour les technologies avancées.⁵²

Dans l'ensemble, la structure du CTT et des initiatives connexes reflète la forte interdépendance des politiques en matière de commerce, de technologie et de concurrence à une époque où l'ordre économique mondial évolue rapidement. La compétitivité sur les marchés émergents des technologies avancées n'est pas seulement déterminée par la R&D nationale et le soutien à la production, mais aussi par le pouvoir de définir les règles commerciales et les normes techniques. Dans ce dernier cas, la réussite des activités d'innovation est une condition préalable nécessaire, mais pas suffisante. L'application des règles et des normes nécessite également un poids macroéconomique et la capacité de traduire ses propres idées en pratiques de production et d'entreprise susceptibles d'être adoptées par un large éventail d'acteurs du marché. À cette fin, la formation de clubs technologiques parmi les principaux innovateurs est une stratégie prometteuse. Grâce à l'échange continu d'informations et de meilleures pratiques entre les autorités compétentes de tous les pays partenaires, elle contribue à la mise en place d'un cadre de marché commun fondé sur des règles, qui crée des conditions de concurrence équitables à l'intérieur et sert de ligne directrice pour les autres acteurs du marché à l'extérieur. Dans le même temps, en établissant des mécanismes communs de surveillance et de sanction contre le contournement de ces règles par des forces extérieures, le club sert également à élever le niveau de protection des membres contre la concurrence déloyale. Pour ce faire, il faut disposer d'un ensemble d'instruments clairement définis. Avec sa stratégie de sécurité économique, l'UE a proposé un ensemble d'instruments de contrôle pour agir sur une base unilatérale. Elle va bien au-delà de la gestion des risques technologiques liés au marché.

3.2 La stratégie de sécurité économique

Le 20 juinth 2023, la Commission et le Haut représentant ont publié une communication commune esquissant les piliers et les priorités d'une future "**stratégie européenne de sécurité économique**".⁵³ Il s'agit de la première tentative de l'UE de placer la notion de sécurité économique au centre de l'action stratégique. Elle est motivée par la perception d'une augmentation de la vulnérabilité économique de l'UE, qui a été démontrée par des événements chocs récents tels que la pandémie COVID-19 et la guerre en Ukraine, et qui est perpétuée par les tensions géopolitiques actuelles et une concurrence technologique internationale féroce. Dans ce contexte, les liens économiques avec les pays tiers ne

⁵¹ Union européenne (2024a). [Conseil du commerce et de la technologie UE-USA 2021-24](#). Fiche d'information.

⁵² Commission européenne (2021b). [Concurrence : L'UE et les États-Unis lancent un dialogue conjoint sur la politique de concurrence en matière de technologie afin de favoriser la coopération en matière de politique de concurrence et d'application de la législation dans le secteur de la technologie](#). Communiqué de presse, 7 décembre, 2021.

⁵³ Commission européenne / Haute représentante de l'Union pour les affaires étrangères et la politique de sécurité (2023). Communication conjointe au Parlement européen, au Conseil européen et au Conseil sur la "Stratégie européenne de sécurité économique". JOIN(2023) 20 final.

sont plus considérés comme une pure bénédiction, mais aussi, dans certaines circonstances, comme une source de risque pour les chaînes d'approvisionnement et la compétitivité européennes.

L'objectif principal de la stratégie est de fournir des lignes directrices pour mieux équilibrer les avantages et les risques dans la coopération économique avec les pays tiers. Le leitmotiv est une économie européenne à la fois compétitive et résiliente, qui ne craint pas la concurrence mondiale, mais s'attaque à des lacunes spécifiques en matière de sécurité tout en utilisant son poids pour faire respecter un ordre commercial mondial fondé sur des règles.

La première étape analytique consiste à identifier et à surveiller les types de risques auxquels l'économie européenne est confrontée. La communication distingue quatre types de risques :

- Menaces pour les **chaînes d'approvisionnement** : Risques liés aux prix et à l'approvisionnement en intrants essentiels (par exemple, les matières premières et l'énergie).
- Menace sur les **infrastructures matérielles** : Attaques physiques et numériques contre les infrastructures critiques (par exemple, sabotage de câbles sous-marins).
- Menaces pour la **suprématie et la sécurité technologiques** : Protection contre les fuites de technologie (par exemple, les transferts de connaissances par le biais de l'IDE, l'espionnage)
- Risque de **militarisation des dépendances économiques** : Chantage exercé par les pays tiers au moyen de mesures politiques visant les vulnérabilités économiques européennes (par exemple, interdiction d'exporter des intrants critiques, blocage des investissements de l'UE).

Le large éventail de risques couverts ne se limite donc pas aux pratiques criminelles et aux attaques malveillantes, mais englobe également les mesures politiques prises par des pays tiers et les nouvelles perturbations du marché qui ne sont pas d'origine politique.

Comme priorités pour la prévention et la gestion des risques, la communication propose une approche reposant sur trois piliers. L'UE devrait i) **promouvoir** sa compétitivité intérieure, ii) se **protéger** contre les risques de sécurité identifiés et iii) **s'associer à des** pays tiers pour renforcer la sécurité économique. Alors que les piliers i) et iii) sont essentiellement des résumés d'approches stratégiques préexistantes, le pilier ii) ajoute un véritable élément à la stratégie de sécurité économique. L'horizon des mesures de protection envisagées par la communication couvre les quatre types de risques et comprend à la fois la protection physique des composants critiques et un arsenal de mesures de politique commerciale et technologique. En même temps, la communication propage les principes de **proportionnalité** et de **précision** pour toutes les mesures prises, en soulignant que le danger de réactions excessives et d'escalade des conflits est censé être maîtrisé.

Pour mettre en œuvre ces priorités, la communication a annoncé plusieurs propositions législatives et d'autres initiatives politiques. À ce jour, ces annonces ont été en partie réalisées. Il s'agit en premier lieu d'un **paquet sur la sécurité économique** proposé le 24 janvierth 2024⁵⁴ comprenant cinq initiatives : i) une proposition de nouveau règlement sur le filtrage des IDE, ii) une proposition de recommandation du Conseil sur le renforcement de la sécurité de la recherche ainsi que trois livres blancs sur les thèmes suivants : iii) contrôle des exportations de biens à double usage, iv) soutien à la R&D dans le segment des biens à double usage et v) sécurité des investissements à l'étranger.

⁵⁴ Commission européenne (2024e). [La Commission propose de nouvelles initiatives pour renforcer la sécurité économique](#). Communiqué de presse, 24 janvier 2024.

Pour le domaine de la coopération technologique, les initiatives i), ii) et v) sont directement pertinentes. La proposition de nouveau **règlement sur l'examen des investissements directs étrangers entrants**⁵⁵ vise à rationaliser le mécanisme de coopération existant entre les États membres et à améliorer son efficacité globale en comblant les lacunes. Il prévoit l'obligation pour tous les États membres de mettre en œuvre un mécanisme de filtrage. Cela implique l'imposition d'une obligation d'autorisation pour tous les investissements étrangers dans des "projets ou programmes présentant un intérêt pour l'Union" ou dans des "activités revêtant une importance particulière pour la sécurité ou l'ordre public de l'Union", ces deux groupes étant définis par des listes figurant à l'annexe de la proposition. Ce dernier groupe comprend tous les éléments figurant sur la liste de l'UE des technologies critiques (voir la sous-section suivante), la liste des biens à double usage soumis à des contrôles à l'exportation, la liste militaire de l'Union européenne, la liste de l'Union pour les médicaments critiques ainsi qu'une liste d'institutions critiques pour le système financier européen. Le champ d'application de la surveillance des risques dépasse donc clairement les domaines des menaces militaires ou terroristes et comprend une série de technologies purement civiles.

En outre, si, à la suite d'un examen des risques, un État membre conclut qu'un investissement étranger est susceptible de nuire à la sécurité ou à l'ordre public, il doit soit interdire l'investissement, soit au moins exiger des mesures d'atténuation (par exemple, la dissociation de certains actifs). Pour déterminer si tel est le cas, un impact négatif sur la disponibilité des technologies critiques est l'un des risques à vérifier. Par conséquent, sans interdire ou restreindre les IDE entrants dans les domaines sensibles et à forte intensité de connaissances en général, la proposition de règlement vise à inciter les régulateurs européens à adopter un point de vue prudent et axé sur le risque concernant ces formes de coopération internationale. Cela pourrait donner lieu à des mesures plus restrictives à l'avenir, même dans des domaines où aucune question militaire n'est en jeu.

La **proposition de recommandation du Conseil sur le renforcement de la sécurité de la recherche**⁵⁶ vise à sensibiliser aux risques de sécurité dans le secteur de la recherche et à renforcer la résilience face à ces risques. Dans la proposition, la sécurité de la recherche fait référence à la gestion de trois types de risques : i) le transfert indésirable de connaissances critiques vers des pays tiers, ii) l'influence étrangère malveillante sur le discours de la recherche et iii) les violations de l'éthique ou de l'intégrité. Dans l'explication de la catégorie i), les objectifs militaires sont mentionnés, mais uniquement sous la forme d'un exemple. Par conséquent, les transferts involontaires de connaissances dans le domaine des technologies civiles sont également susceptibles d'être abordés. Les recommandations proposées aux États membres comprennent l'élaboration de plans d'action nationaux avec des mesures ciblées pour renforcer la sécurité de la recherche. Il s'agit notamment de mesures de sauvegarde sous la forme d'évaluations des risques des candidats aux programmes nationaux de financement de la recherche et de l'octroi de ressources aux investissements dans l'enseignement supérieur pour la mise en place de systèmes internes de gestion des risques. Là encore, une attention particulière sera accordée à la coopération dans les domaines de recherche couverts par la liste des technologies critiques de l'UE.

⁵⁵ Commission européenne (2024f). Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif au filtrage des investissements étrangers dans l'Union et abrogeant le règlement (UE) 2019/452 du Parlement européen et du Conseil. COM(2024) 23 final.

⁵⁶ Commission européenne (2024g). Proposition de recommandation du Conseil sur le renforcement de la sécurité de la recherche. COM(2024) 26 final.

Le **Livre blanc sur les investissements sortants** ⁽⁵⁷⁾ souligne la nécessité de mettre en place un système de contrôle des IDE sortants comparable à celui des IDE entrants. Il ouvre la voie à une recommandation de la Commission aux États membres sur la mise en œuvre d'un tel système. Les principaux arguments en faveur de cette extension sont tout d'abord le risque de contournement de l'interdiction d'exportation des biens à double usage par les investissements à l'étranger. Deuxièmement, la tentative d'empêcher l'accès à la technologie par le biais d'une interdiction des IDE entrants pourrait également être contournée par des investissements sortants. Là encore, tout en soulignant que les activités militaires étrangères constituent un danger majeur, les mesures concrètes esquissées dans le livre blanc consistent à surveiller un large éventail de transactions d'investissement, notamment dans le domaine des technologies civiles. Par ailleurs, il est recommandé de couvrir au moins les investissements dans les quatre domaines technologiques actuellement classés par l'UE comme étant les plus sensibles (voir la sous-section suivante).

3.3 La liste des technologies critiques

Les récentes propositions s'appuient sur une liste spécifique de technologies critiques publiée dans le cadre d'une recommandation de la Commission le 3 octobrerd 2023.⁵⁸ Selon la Commission, il s'agit de domaines technologiques dont l'importance stratégique pour la sécurité économique globale de l'UE nécessite une évaluation approfondie des risques de sécurité et de fuite technologiques. La liste figurant à l'annexe I de la recommandation⁵⁹ est présentée dans le tableau 1. Pour sélectionner ces domaines technologiques, la Commission a appliqué trois critères. Le premier est la nature habilitante et transformatrice de la technologie. Il s'agit de sa capacité à provoquer des changements radicaux dans les conditions de production et donc à stimuler des améliorations de la productivité à long terme. Il s'agit de l'aspect économique immédiat de la définition. Le deuxième critère est le risque de fusion militaire et civile, c'est-à-dire le potentiel de double usage de la technologie. Il reflète le risque que des sorties de connaissances involontaires puissent accroître la menace militaire pour l'UE. Le troisième critère est le potentiel d'utilisation abusive de la technologie pour la violation des droits de l'homme dans les pays tiers, par exemple la surveillance de la population et la suppression de la liberté d'expression.

Tableau 1: Liste des 10 domaines technologiques critiques pour la sécurité économique de l'UE

Non.	Domaine technologique	Exemples de technologies spécifiques
1	Technologie avancée des semi-conducteurs	Microélectronique ; photonique ; puces à haute fréquence ; équipements de fabrication à des tailles de nœuds très avancées
2	Technologies d'intelligence artificielle	Calcul haute performance ; informatique en nuage et informatique périphérique ; technologies d'analyse des données
3	Technologies quantiques	Calcul quantique ; cryptographie quantique ; communications quantiques ; détection quantique et radar
4	Biotechnologies	Techniques de modification génétique ; nouvelles techniques génomiques ; entraînement génétique ; biologie synthétique

⁵⁷ Commission européenne (2024h). Livre blanc sur les investissements sortants. COM(2024) 24 final.

⁵⁸ Commission européenne (2023b). Recommandation de la Commission du 3.10.2023 sur les domaines technologiques critiques pour la sécurité économique de l'UE en vue d'une nouvelle évaluation des risques avec les États membres.

⁵⁹ Commission européenne (2023c). Annexe à la recommandation de la Commission concernant les domaines technologiques critiques pour la sécurité économique de l'UE en vue d'une nouvelle évaluation des risques avec les États membres. C(2023) 6689 final.

5	Connectivité, navigation et technologies numériques avancées	Communications numériques sécurisées et connectivité ; technologies de cybersécurité ; Internet des objets et réalité virtuelle ; technologies des registres distribués et de l'identité numérique ; technologies de navigation et de contrôle
6	Technologies de détection avancées	Détection électro-optique, radar, chimique, biologique, radiologique et distribuée ; magnétomètres ; capteurs de champ électrique sous-marin ; gravimètres et gradiomètres
7	Technologies spatiales et de propulsion	Technologies dédiées à l'espace ; technologies de surveillance de l'espace et d'observation de la terre ; positionnement, navigation et synchronisation dans l'espace ; communications sécurisées ; technologies de propulsion
8	Technologies de l'énergie	Technologies de fusion nucléaire ; hydrogène et nouveaux carburants ; photovoltaïque ; réseaux intelligents et stockage de l'énergie
9	Robotique et systèmes autonomes	Drones et véhicules ; Robots et systèmes de précision contrôlés par des robots ; Exosquelettes ; Systèmes basés sur l'IA
10	Matériaux avancés, technologies de fabrication et de recyclage	Technologies pour les nanomatériaux ; fabrication additive ; fabrication de microprécision contrôlée numériquement ; technologies pour l'extraction, le traitement et le recyclage des matières premières critiques

Source : Commission européenne (2023b) : Commission européenne (2023b). En gras : domaines hautement prioritaires.

La Commission insiste sur le fait que la publication de la liste n'implique aucune déclaration définitive sur la gravité des risques. Il s'agit uniquement d'une hiérarchisation des domaines technologiques en vue d'une évaluation ultérieure. Les évaluations seront réalisées par les États membres et impliqueront des acteurs privés du secteur. Dans le cadre de ce processus, il est recommandé d'accorder la plus haute priorité à quatre des dix domaines technologiques, en raison de leur forte probabilité d'engendrer des risques graves et immédiats : les semi-conducteurs avancés, l'intelligence artificielle, les technologies quantiques et les biotechnologies. Pour ces domaines, la Commission a proposé de procéder à des évaluations collectives des risques d'ici à la fin de l'année 2023. Les enquêtes menées jusqu'à présent ont été intégrées dans le paquet "sécurité économique", en particulier la surveillance étendue des investissements directs étrangers (voir la sous-section précédente).

Cette liste vise à combler une lacune dans la stratégie globale de l'UE qui consiste à reprendre le contrôle des chaînes d'approvisionnement internationales dans les domaines technologiques critiques. Alors que les initiatives précédentes de l'UE étaient axées sur la gestion des risques d'approvisionnement en ressources tangibles telles que l'énergie (RePowerEU)⁶⁰ et les matières premières (Critical Raw Materials Act)⁶¹, ou sur la promotion des capacités de production nationales pour les technologies (Net Zero Industry Act, STEP), cette initiative se concentre sur la connaissance en tant que ressource immatérielle essentielle. Elle reflète l'idée que pour avoir une influence sur l'organisation des futures chaînes d'approvisionnement, il faut exercer un contrôle suffisant sur les flux de connaissances. En outre, la liste va au-delà des approches précédentes en spécifiant plus clairement les domaines technologiques qui devraient être prioritaires pour la souveraineté technologique au niveau de l'UE.

Cependant, la formulation de la recommandation révèle une grande prudence de la part de la Commission. Tout d'abord, bien que plus précise qu'auparavant, la liste des technologies prioritaires

⁶⁰ Commission européenne (2022). REPowerEU : une énergie abordable, sûre et durable pour l'Europe. Communication COM(2022) 108 final.

⁶¹ Union européenne (2024b). Règlement (UE) 2024/1252 du Parlement européen et du Conseil du 11 avril 2024 établissant un cadre pour garantir un approvisionnement sûr et durable en matières premières critiques et modifiant les règlements (UE) n° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 et (UE) 2019/1020 Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE.

semble encore très large, une impression renforcée par la myriade d'exemples concrets mentionnés (voir le tableau 1). Deuxièmement, tout en décrivant les menaces technologiques en termes généraux, la Commission évite soigneusement d'énoncer des scénarios de risque concrets. En particulier, la Chine, l'éléphant dans la pièce, n'est pas mentionnée. Cela montre que la Commission veille à ne pas provoquer de conflits commerciaux avec la Chine par le biais de cette initiative. Troisièmement, la référence aux menaces militaires et liées aux droits de l'homme vise à minimiser toute ambition de politique industrielle associée à l'initiative. Pour certains domaines technologiques, cela n'est pas très crédible, car les liens mentionnés avec les questions militaires sont plutôt tirés par les cheveux. Quatrièmement, outre la surveillance continue, l'initiative évite de concrétiser davantage les futures contre-mesures potentielles contre les menaces technologiques identifiées, vaguement présentées dans la stratégie de sécurité économique (voir la sous-section précédente). Cela vaut en particulier pour les risques technologiques liés aux investissements directs à l'étranger, dont le traitement futur est encore incertain. En revanche, la Commission souligne l'importance d'un échange intensif avant d'imposer toute mesure politique.

Dans l'ensemble, l'objectif de l'initiative semble être davantage d'envoyer un signal d'alarme aux États membres et un signal d'avertissement à la Chine que de construire l'ossature d'une nouvelle approche politique pour la gestion des risques technologiques. Elle esquisse une voie de protectionnisme technologique que l'Europe est prête à suivre si les tentatives de rétablir un ordre commercial mondial équitable (du point de vue de l'UE) échouent. Elle fait donc partie d'un arsenal d'armes visant à renforcer la position de l'Europe dans les négociations commerciales en cours. Cependant, étant donné qu'elle coïncide avec une promotion accrue de la production nationale et des augmentations tarifaires annoncées⁶², elle soulève le risque de contre-mesures hostiles de la part de la Chine qui mettraient en péril le règlement des différends économiques.

Pour réduire ce risque, l'UE devrait acquérir et communiquer une vision plus équilibrée du rôle des flux internationaux de connaissances et prendre en compte les avantages de la coopération technologique en termes de bien-être, évoqués à la section 2. Au lieu de se concentrer exclusivement sur les fuites technologiques potentielles, elle devrait également mettre en évidence les domaines dans lesquels la coopération en matière de création et de partage des connaissances est vitale pour les intérêts à long terme de l'UE. Une stratégie judicieuse en matière de technologies critiques devrait à la fois tenter de maximiser l'afflux de connaissances étrangères, de canaliser la coopération en matière de R&D vers des partenaires avancés et dignes de confiance et de limiter les fuites de connaissances dans des domaines sensibles. Une telle stratégie reflète le fait que, tout comme la production et l'échange de biens matériels, la production et l'échange de connaissances spécialisées offrent des possibilités d'exploitation des avantages comparatifs. En s'appuyant sur les réseaux internationaux de collaboration en matière de R&D et d'adoption de technologies, l'économie européenne est en mesure de canaliser ses ressources de R&D vers les domaines technologiques où elle dispose de la plus grande expertise comparative, tout en jouant le rôle de partenaires de recherche mineurs ou d'imitateurs dans d'autres domaines. Cela permet une meilleure utilisation des économies d'échelle dans la R&D et réduit le risque d'être coupé de l'innovation étrangère.

Pour mettre en œuvre une telle stratégie de spécialisation, il est indispensable de connaître les schémas actuels de coopération internationale en matière de connaissances dans les domaines

⁶² Commission européenne (2024i). L'enquête de la Commission conclut provisoirement que les chaînes de valeur des véhicules électriques en Chine bénéficient de subventions déloyales. Communiqué de presse, 12 juin 2024.

technologiques essentiels. Dans ce qui suit, en nous appuyant sur des données complètes sur les brevets internationaux, nous tentons de fournir de telles informations dans le cas de la coopération internationale en matière de recherche.

4 Analyse des brevets pour les technologies critiques

4.1 Méthode et données

D'un point de vue économique, il est logique de commencer à mesurer l'innovation au moment où la perspective de commercialisation devient évidente grâce à l'enregistrement des droits de propriété. Les données sur les brevets sont donc souvent à la base des indicateurs d'innovation basés sur les résultats. Leurs limites sont bien connues.⁶³ Elles ne fournissent pas d'informations sur le succès commercial ultérieur des inventions brevetées et sur leur impact sociétal général. Elles ne sont pas non plus des mesures parfaites de l'innovation au stade du développement, car de nombreux types d'inventions ne sont pas brevetables pour des raisons techniques ou juridiques. Néanmoins, les principaux avantages sont le degré élevé d'harmonisation internationale et le haut niveau de détail technologique des statistiques sur les brevets. Le système de classification internationale des brevets (CIB) permet une subdivision extrêmement fine en fonction des domaines technologiques.⁶⁴ En outre, des informations sur les réseaux d'innovation via les références croisées (citations) et la coopération suprarégionale entre les institutions et les inventeurs sont disponibles.

Pour notre analyse de la coopération internationale en matière de recherche dans les technologies critiques, nous utilisons les données de PATSTAT, la base de données statistique mondiale sur les brevets de l'Office européen des brevets (OEB).⁶⁵ Il s'agit de l'une des bases de données de brevets les plus complètes au monde et d'un choix populaire pour les analyses de l'innovation. Pour identifier les classes de la CIB liées aux différents domaines de technologies critiques définis par l'UE (voir sous-section 3.3), nous nous appuyons sur les travaux menés par le projet Technologies avancées pour l'industrie (ATI) de la Commission européenne.⁶⁶ Dans une série de publications, le projet ATI a analysé les activités de brevetage de l'UE dans une série de technologies avancées, en appliquant des listes de codes CIB établies grâce à l'expertise technologique détaillée des institutions participantes.⁶⁷ L'ensemble des technologies avancées couvertes par le projet ATI est similaire, mais pas identique, à la liste des technologies critiques de l'UE. Dans la mesure du possible, nous avons adopté ou agrégé les domaines technologiques de l'AI sur la base des exemples mentionnés dans la liste des technologies critiques de l'UE. Les domaines dont la complexité et/ou la nature transversale ne permettaient pas d'attribuer un code clair (par exemple, la robotique) ont été omis. Dans un cas (technologies de l'énergie), une attribution de code propre a été effectuée sur la base d'une recherche approfondie de mots clés dans la classification IPC. Dans un autre cas (biotechnologies), une définition officielle de l'OCDE a été appliquée.⁶⁸

⁶³ Wydra, S. (2020). Mesurer l'innovation dans la bioéconomie - Discussion conceptuelle et expériences empiriques. *Technology in Society*, 61, 101242.

⁶⁴ OMPI (2024). [Classification internationale des brevets \(CIB\)](#). Organisation mondiale de la propriété intellectuelle.

⁶⁵ EPO (2024). [PATSTAT - Ensemble de données de base pour l'analyse statistique](#). Office européen des brevets.

⁶⁶ Commission européenne (2024). [Observatoire européen des écosystèmes industriels](#).

⁶⁷ ATI (2021). Technologies avancées pour l'industrie - Rapport méthodologique. Cadre des indicateurs et calculs des données. Septembre 2021.

⁶⁸ Friedrichs, S., van Beuzekom, B. (2018). Proposition révisée pour la révision des définitions statistiques de la biotechnologie et de la nanotechnologie. Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie, 2018/01, Éditions OCDE, Paris.

Au total, nous disposons ainsi de six domaines technologiques essentiels pour notre analyse des brevets : Matériaux avancés, technologies de l'IA⁶⁹, biotechnologies, technologies de la connectivité, technologies de l'énergie et technologies des semi-conducteurs. Le tableau A1 de l'annexe présente le processus de sélection et les listes des codes CIB correspondants. Souvent, les brevets se voient attribuer plusieurs codes CIB, ce qui reflète leur contribution à plusieurs domaines. Par conséquent, certains brevets sont également attribués à plusieurs technologies critiques dans notre analyse. Nous n'essayons pas d'ajuster ce fait, respectant les chevauchements et les fortes interconnexions entre les différents domaines technologiques.

Pour toutes les classes, des données sur tous les brevets enregistrés au cours de la période 2011-2020 ont été récupérées par le biais de requêtes de recherche dans PATSTAT.⁷⁰ Les données collectées pour chaque brevet comprennent l'appartenance à une classe technologique spécifique, l'appartenance à une famille de brevets et le nombre de citations. L'ensemble de données généré contient un total de 6,74 millions d'observations. Dans l'étape suivante, il a été fusionné avec les données de la base REGPAT de l'OCDE.⁷¹ Celle-ci contient des informations supplémentaires sur les noms et les adresses résidentielles des inventeurs enregistrés dans les brevets, ce qui permet une répartition spatiale détaillée. Par rapport à l'utilisation des adresses des déposants qui, dans le cas des entreprises multinationales, peuvent être une société mère ou une filiale située loin des activités de R&D, cette méthode permet d'obtenir une image spatiale plus précise de l'innovation.

Le nombre de demandes de brevet est un indicateur courant pour quantifier l'activité de brevetage. Pour une comparaison par pays, nous devons tenir compte du fait que plusieurs personnes sont souvent enregistrées en tant qu'inventeurs d'un brevet et qu'elles peuvent être situées dans différents pays. Comme c'est souvent le cas dans la littérature, nous en tenons compte en appliquant une part égale pour chaque inventeur comme facteur de pondération. Par exemple, dans le cas d'un brevet avec huit inventeurs enregistrés, chaque inventeur se voit attribuer une part de 0,125. Ensuite, nous calculons l'activité d'innovation totale d'un pays dans un domaine donné comme la somme des parts des inventeurs résidant dans le pays concerné ("nombre d'inventeurs").

Si des personnes situées dans différents pays sont enregistrées comme inventeurs dans une demande de brevet, cette demande de brevet est interprétée comme un cas de coopération internationale en matière de recherche. Avec une définition aussi large, la coopération peut, dans la pratique, reposer sur différents types de motivations et d'arrangements. Par exemple, elle couvre à la fois les formes de coopération en matière de recherche internes à l'entreprise (activités transfrontalières de R&D des entreprises multinationales) et externes à l'entreprise (des institutions indépendantes de différents pays s'engagent dans une collaboration) (voir la sous-section 2.1 pour une discussion théorique).

Dans les comparaisons par pays, l'UE27 (telle que définie par sa composition actuelle) est toujours traitée comme un seul bloc. Par conséquent, dans les chiffres rapportés pour l'UE, la coopération internationale n'inclut que les cas où des inventeurs situés dans un État membre coopèrent avec des inventeurs situés dans un pays tiers.

⁶⁹ La définition appliquée est assez complète, impliquant à la fois les technologies brevetables de stockage et de traitement des données, les algorithmes d'apprentissage et les techniques d'analyse de la parole.

⁷⁰ Pour les années plus récentes, les données disponibles sur les brevets sont encore incomplètes.

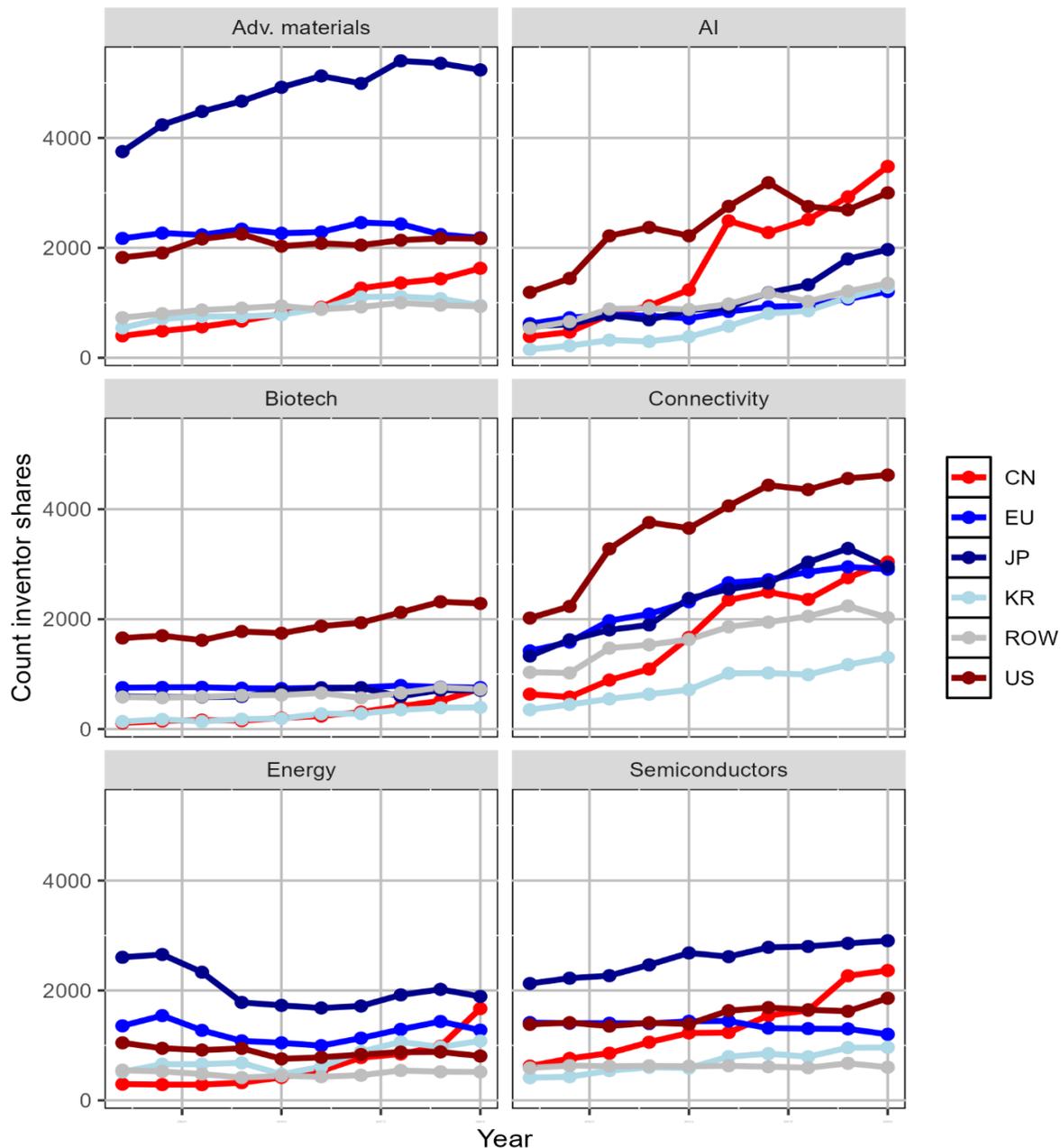
⁷¹ OCDE (2024). Statistiques et analyse de la propriété intellectuelle (PI). Organisation de coopération et de développement économiques, Paris.

4.2 Résultats

4.2.1 Performance globale

Tout d'abord, notre ensemble de données complet permet d'avoir une vue d'ensemble de l'évolution de l'activité de brevetage de l'UE27 par rapport à d'autres grands innovateurs. La figure 1 présente les tendances des demandes annuelles de brevets par pays inventeur pour les six domaines technologiques considérés. Dans tous ces domaines, quatre acteurs majeurs, outre l'UE27, ont dominé la scène des brevets ces dernières années : les États-Unis, le Japon, la Corée du Sud et (de plus en plus) la Chine. Toutefois, les classements spécifiques diffèrent. Les États-Unis ont toujours été le lieu de loin le plus important pour l'activité de brevetage dans les domaines des biotechnologies et de la connectivité. Les domaines des technologies énergétiques, des technologies des semi-conducteurs et surtout des matériaux avancés sont dominés par le Japon. En outre, la forte tendance à la hausse des demandes déposées par des inventeurs chinois est remarquable. Elle s'applique à tous les domaines, mais surtout aux technologies de l'intelligence artificielle, où la Chine a déjà pris la tête. En revanche, la dynamique de l'UE27 a été considérablement plus faible. Au cours de la période considérée, l'UE27 a été dépassée par la Chine dans quatre des six domaines.

Figure 1: Évolution des demandes annuelles de brevets par domaine technologique



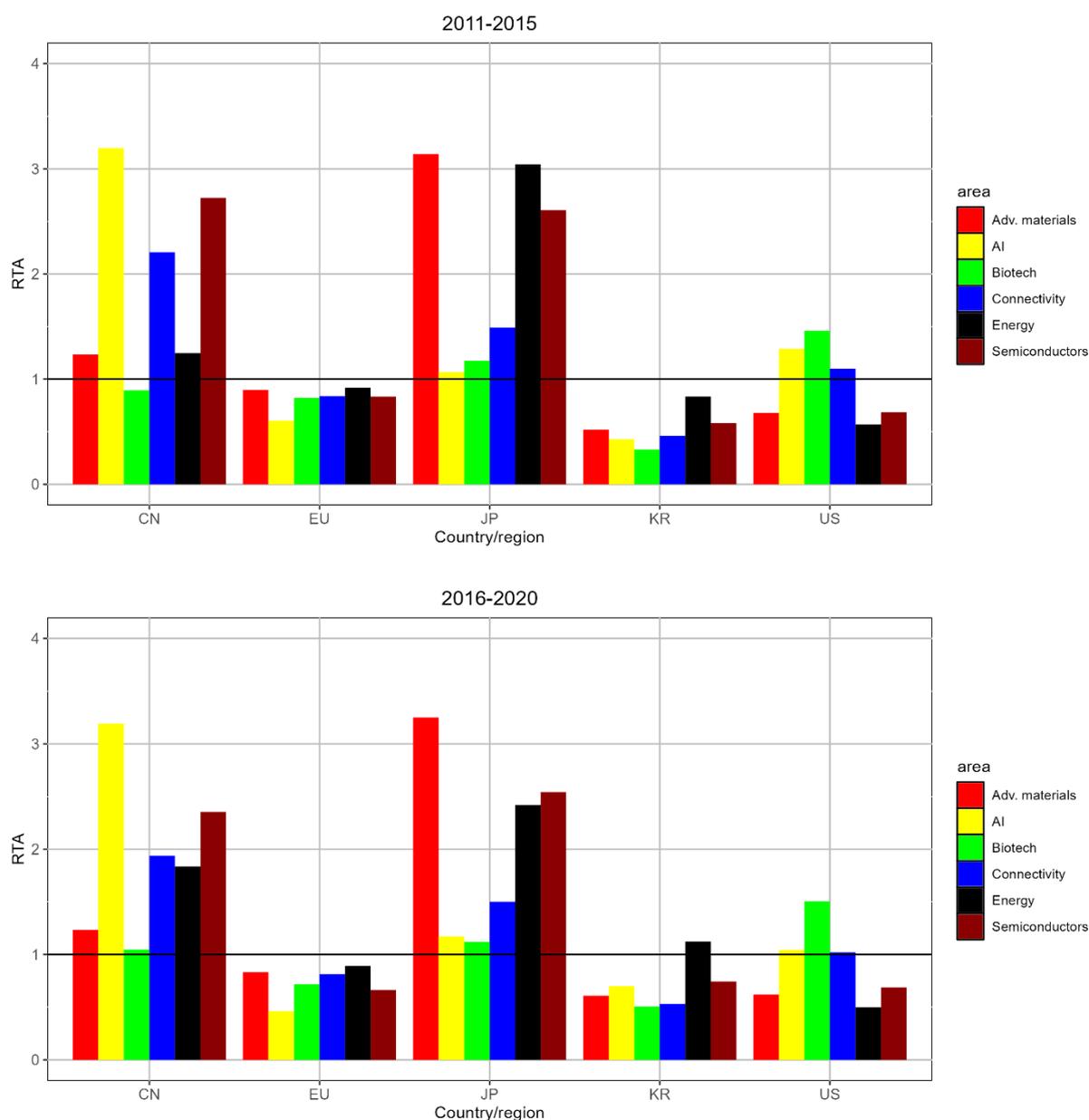
Source : calculs personnels. ROW : Reste du monde.

Outre les tendances temporelles, les modèles révèlent différentes formes de spécialisation parmi les principaux innovateurs. Une façon de rendre les formes de spécialisation plus transparentes est d'utiliser une mesure de l'avantage technologique comparatif révélé (ATR), par analogie avec la mesure de spécialisation de l'avantage comparatif révélé (ACR) souvent appliquée aux exportations de marchandises.⁷² Comme mesure de l'ACR, nous définissons le ratio de la part d'un domaine technologique spécifique dans le total des demandes de brevet (c'est-à-dire y compris les domaines technologiques non critiques) d'un pays/région inventeur sur la part de ce domaine dans le total des demandes de brevet

⁷² Laursen, K. (2015). Revealed comparative advantage and the alternatives as measures of international specialization (L'avantage comparatif révélé et les alternatives en tant que mesures de la spécialisation internationale). Eurasian business review, 5, 99-115.

au niveau mondial. Par conséquent, un ACR supérieur à un indique une spécialisation relative d'un pays dans le domaine concerné par rapport au reste du monde. La figure 2 présente les valeurs d'ACR obtenues pour les pays/régions considérés, en faisant la distinction entre la première et la seconde moitié de notre période d'enquête. Elle montre que les technologies critiques présentent des degrés d'importance très différents dans les portefeuilles d'innovation des pays. La Chine et le Japon se sont fortement spécialisés dans plusieurs domaines technologiques critiques. Au cours de la dernière période, la spécialisation (ACR > 1) s'étend dans les deux pays à toutes les technologies critiques considérées. En revanche, la part des technologies critiques dans les demandes de brevet de l'UE27 a toujours été inférieure à la moyenne mondiale, ce qui indique que l'activité d'innovation de l'UE s'est concentrée sur d'autres domaines.

Figure 2: Avantages technologiques comparatifs révélés par domaine technologique



Source : calculs personnels

4.2.2 Réseaux de coopération mondiale

En exploitant les informations sur la localisation des inventeurs, nous pouvons utiliser l'ensemble de données sur les brevets pour construire un réseau mondial de coopération en matière de R&D entre les pays/régions dans les domaines technologiques considérés. Dans un tel réseau, chaque connexion (arête) entre deux pays/régions (sommets) représente une collaboration en matière de brevets impliquant des inventeurs des deux pays/régions. Comme nous l'avons vu plus haut, une telle collaboration internationale peut avoir lieu à la fois à l'intérieur (par exemple, les activités de R&D internes des multinationales) et au-delà (par exemple, les partenariats internationaux de R&D d'entreprises ou d'universités non apparentées) des frontières d'une seule entreprise ou d'un seul institut de recherche. L'intensité des connexions (c'est-à-dire les poids attachés aux arêtes individuelles) est égale au nombre de demandes de brevet conjointes.

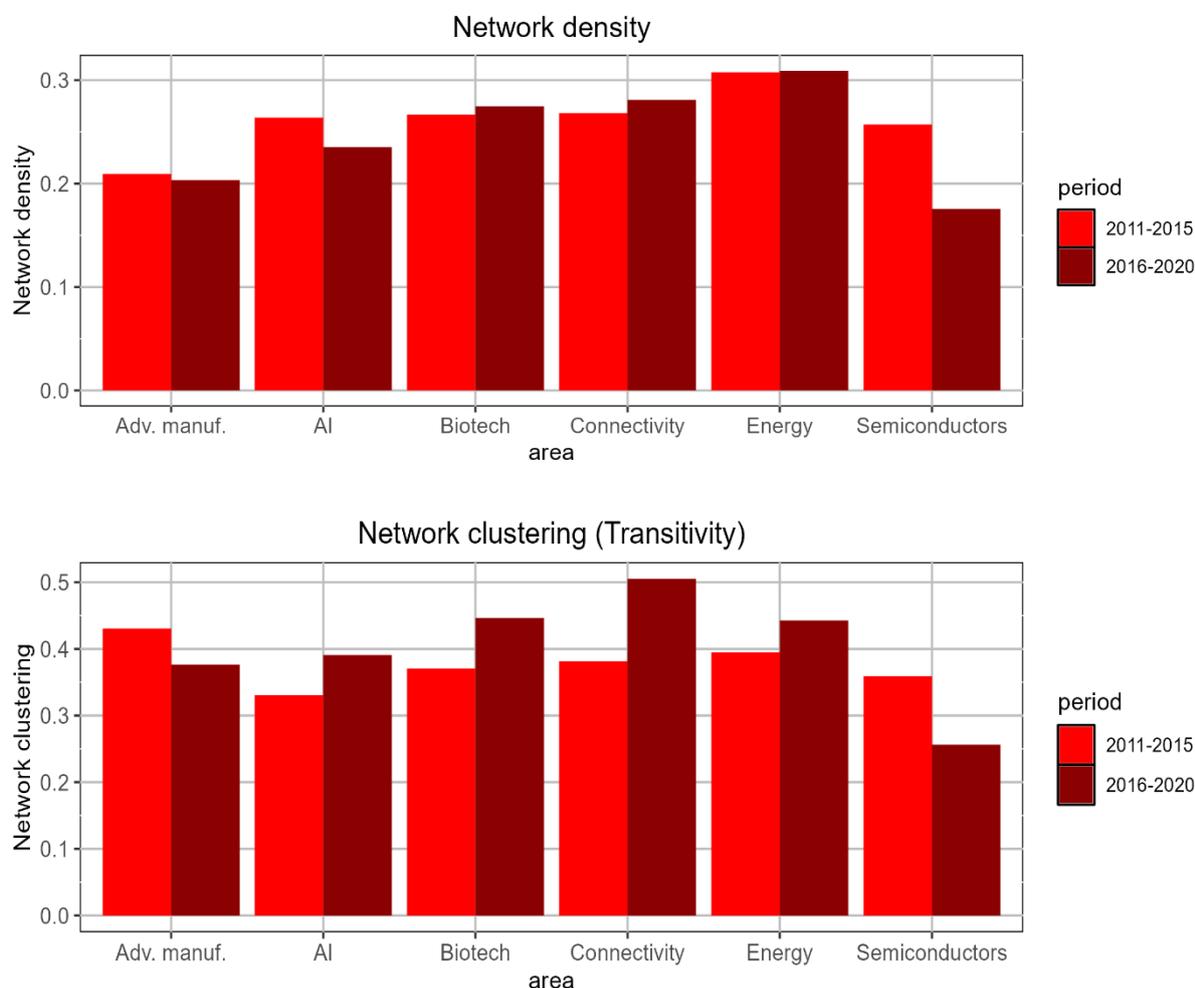
Les formes des réseaux de R&D obtenues pour les différents domaines technologiques sont représentées dans la figure A1 de l'annexe, en distinguant les deux sous-périodes étudiées. Les réseaux individuels présentent certaines particularités, mais aussi des points communs frappants. L'une des caractéristiques communes est le rôle central des chercheurs américains. Ce rôle est particulièrement prononcé dans les technologies de l'intelligence artificielle et les biotechnologies. Ce rôle est à la fois ancré dans le grand nombre de collaborations internationales en matière de brevets impliquant des chercheurs américains et dans la diversité géographique de ces coopérations. À l'exception du domaine des matériaux avancés, un autre point commun est que les pays à forte intensité de recherche que sont le Japon et la Corée du Sud (voir la sous-section précédente) sont simplement situés à la périphérie des réseaux de coopération. Cela reflète leur faible engagement dans les coopérations internationales en général, et dans les coopérations avec les pays centraux du réseau en particulier. En ce qui concerne la Chine, il est intéressant de constater que la forte croissance de ses activités de brevetage (voir la sous-section précédente) ne s'est pas accompagnée d'une évolution vers des positions plus centrales au sein des réseaux de coopération lorsque l'on compare les deux périodes. Dans les technologies de l'IA et de la connectivité en particulier, la position de la Chine est restée plutôt périphérique.

Compte tenu de sa taille économique, l'UE est sans surprise un élément important de tous ces réseaux, mais l'ampleur de sa pertinence diffère selon le domaine. Dans le domaine des matériaux avancés et (plus récemment) des technologies énergétiques, elle représente le point focal mondial des réseaux de brevets, en raison de sa portée géographique relativement large et de ses liens particulièrement étroits avec d'autres grandes forces d'innovation telles que les États-Unis. Dans les biotechnologies et les semi-conducteurs, elle représente un centre local en plus des États-Unis au sein d'une structure bipolaire, tandis que dans les technologies de l'intelligence artificielle, sa position est plus périphérique.

Les propriétés globales des réseaux peuvent être comparées sur la base d'une série d'indicateurs analytiques. La figure 3 illustre les résultats de deux mesures très répandues, la densité du réseau et le coefficient de regroupement (transitivité). La densité d'un réseau reflète le nombre de connexions bilatérales différentes par rapport à la taille globale (nombre de pays/régions concernés) du réseau. Si l'on compare les deux périodes, on constate une évolution à la baisse des densités pour l'IA et en particulier pour les technologies des semi-conducteurs, principalement due à une augmentation du nombre de pays périphériques ne s'engageant que dans des collaborations avec un pays/une région partenaire en particulier. Simultanément, le degré de regroupement local a augmenté dans quatre des

six réseaux. Cela reflète le fait que la structure de ces réseaux est devenue moins unipolaire, en grande partie en raison d'un déclin de la centralité des États-Unis.

Figure 3: Densité et degré de regroupement des réseaux de brevets par domaine technologique

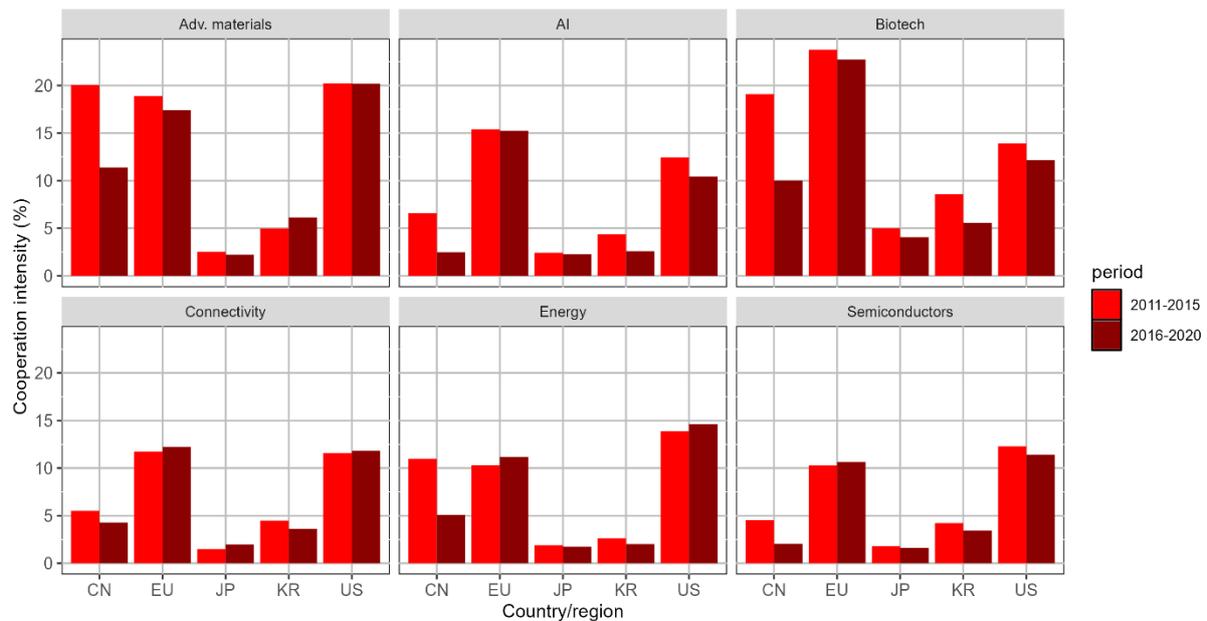


Source : calculs personnels

La forme des réseaux de coopération est déterminée par les différences entre les pays en ce qui concerne le succès global de l'innovation et la volonté de s'engager dans des coopérations. Pour isoler ce dernier facteur, le nombre d'innovations obtenues grâce à des coopérations internationales doit être considéré par rapport à l'activité globale d'innovation d'un pays. À cette fin, nous définissons un indicateur simple de l'intensité de la coopération, la part des demandes de brevet impliquant une coopération internationale dans le total des demandes de brevet d'un pays ou d'une région au cours de la période et dans le domaine en question. La figure 4 présente les résultats pour certains pays/régions. Dans l'ensemble, l'UE et les États-Unis sont les pays dont les activités d'innovation reposent le plus sur les coopérations internationales. Pour l'UE, les intensités de coopération sont particulièrement élevées dans le domaine des matériaux avancés et des biotechnologies. Les intensités de coopération du Japon et de la Corée du Sud sont toujours faibles et ont même largement diminué au cours de la période la plus récente. Ce qui est le plus frappant, c'est l'évolution globale de la Chine. Alors qu'elle était très engagée dans la coopération internationale au cours de la période précédente, en particulier dans les domaines des matériaux avancés et des biotechnologies, l'intensité de la coopération a considérablement diminué au cours de la dernière période. Dans les domaines de l'intelligence artificielle, de

l'énergie et des semi-conducteurs, elles ont diminué de plus de moitié. La forte croissance des demandes de brevet chinoises (voir la sous-section précédente) a donc coïncidé avec une tendance ferme à l'isolement technologique. La question de savoir dans quelle mesure cela est dû à un besoin réduit d'apports de connaissances étrangères ou à une stratégie intentionnelle d'autarcie serait un sujet intéressant pour des recherches plus approfondies.

Figure 4: Intensité des coopérations internationales en matière de brevets par domaine technologique



Source : calculs personnels

Un examen spécifique des partenaires de coopération de l'UE révèle d'autres schémas intéressants (voir le tableau A2 en annexe). Dans tous les domaines, les États-Unis ont toujours été le partenaire de loin le plus important. Leur importance relative a même légèrement augmenté par rapport à la période précédente dans cinq des six domaines (à l'exception de l'intelligence artificielle). Dans quatre domaines, plus de la moitié des connexions bilatérales de l'UE en matière de brevets ont été établies avec des chercheurs américains. Les connexions avec des chercheurs chinois étaient nettement moins fréquentes dans tous les domaines, elles représentaient moins de 10 % des collaborations de l'UE en matière de brevets. Au cours de la période la plus récente, le niveau maximal d'engagement avec la Chine est observé pour les matériaux avancés et les technologies de l'énergie. L'Inde est un autre partenaire non européen relativement important de l'UE, du moins dans les domaines de l'IA et des technologies de connectivité.

4.2.3 Évaluation de la qualité des brevets

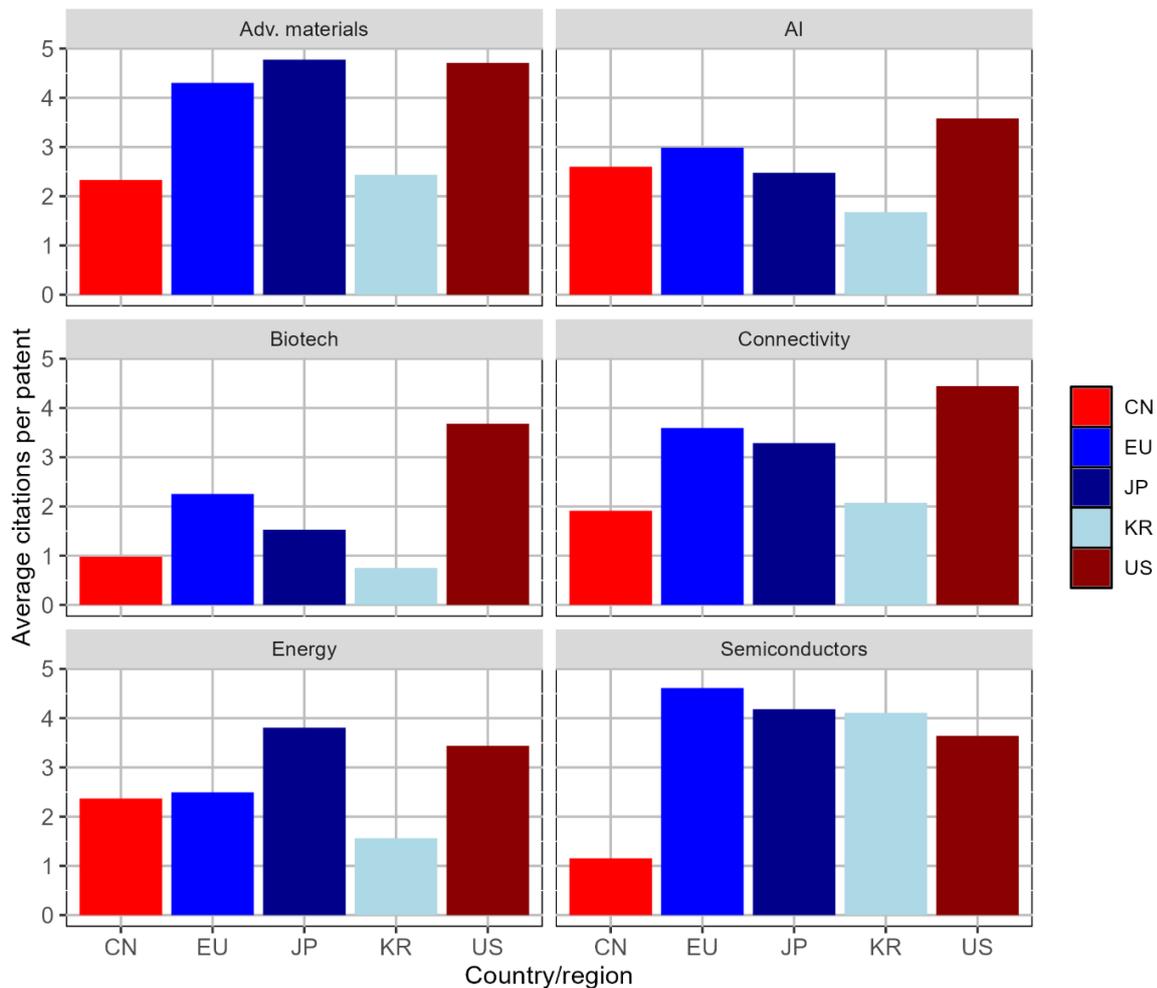
L'analyse précédente du nombre de demandes de brevets ne reflète que partiellement les effets économiques de la coopération internationale en matière de recherche. En mettant en commun des connaissances et d'autres ressources de R&D au-delà des frontières, les institutions tentent non seulement d'accroître leur production quantitative de recherche, mais aussi de renforcer l'importance des inventions réalisées. L'étude de cette dimension de la coopération en matière de recherche sur la base des données relatives aux brevets nécessite des mesures de la qualité des brevets.

Évaluer la qualité de l'invention à l'origine d'un brevet est une tâche difficile. Au moment où un brevet est déposé, son succès économique futur et son importance sociale sont encore incertains. Sur la voie d'une innovation commercialisable (nouveaux produits, procédés), d'autres obstacles doivent être surmontés. Une invention prometteuse peut échouer sur les marchés en raison de contraintes financières ou d'une publicité insuffisante. Cependant, la littérature a établi une série d'indicateurs de qualité qui, en laissant de côté les idiosyncrasies, peuvent fournir une image générale de la pertinence économique des brevets. Toutes ces mesures ont leurs avantages et leurs inconvénients et reflètent certains aspects de la portée d'un brevet.⁷³ Pour rester cohérent avec notre approche, nous limitons notre attention aux mesures qui peuvent être extraites des bases de données de brevets.

Plus précisément, nous choisissons les citations directes comme indicateur commun. Il s'agit de citations faites dans la documentation d'autres brevets faisant référence au brevet étudié. Il s'agit donc d'une mesure de l'influence d'un brevet sur des inventions ultérieures. Bien qu'elle ne reflète pas directement les rendements économiques escomptés, elle va, à certains égards, au-delà d'une évaluation de la valeur marchande, car elle fournit des informations sur les propriétés d'une invention en tant que germe d'une innovation ultérieure. La distribution du nombre de citations en aval parmi les brevets est généralement très asymétrique, une petite partie des brevets les plus importants atteignant un nombre extraordinairement élevé de citations. Pour refléter ce fait, nous étudions les citations en aval sous deux formes différentes. Premièrement, nous indiquons le nombre moyen de citations que les brevets d'un pays ont reçu dans un domaine donné. Deuxièmement, nous indiquons la part des brevets d'un pays qui font partie du top 10 mondial des brevets les plus cités dans un domaine. Cette dernière mesure reflète spécifiquement l'engagement du pays dans l'innovation de rupture.

⁷³ Squicciarini, M., Dernis, H. et Criscuolo, C. (2013). Mesurer la qualité des brevets : Indicateurs de valeur technologique et économique. Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie, 2013(3), 0_1.

Figure 5: Moyenne des citations de brevets par domaine technologique



Source : calculs personnels. Moyenne des moyennes annuelles 2011-2020.

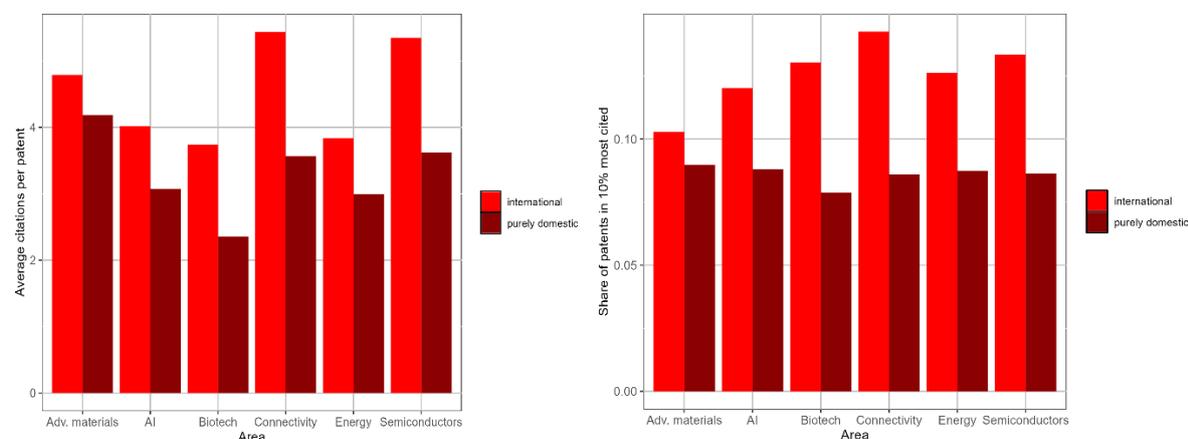
Tout d'abord, dans le cadre d'une comparaison générale, la figure 5 présente les citations moyennes par brevet pour certaines économies.⁷⁴ Dans l'ensemble, les brevets américains se distinguent par un nombre particulièrement élevé de citations. La supériorité des brevets américains est clairement visible dans les domaines de l'intelligence artificielle, des biotechnologies et des technologies de connectivité. Dans les domaines des matériaux avancés, de l'énergie et des semi-conducteurs, les États-Unis sont légèrement dépassés par le Japon. L'UE a obtenu des résultats particulièrement bons dans les technologies des matériaux avancés, de la connectivité et des semi-conducteurs, avec une position de leader dans les citations pour cette dernière technologie. Selon cette mesure, la qualité moyenne des brevets chinois était comparativement faible dans tous les domaines, à l'exception de l'IA. Cette image globale est largement confirmée si l'on se concentre sur la répartition des brevets les plus cités.

Pour évaluer le rôle de la collaboration internationale dans la qualité des brevets, nous calculons séparément les mesures de citation pour les brevets avec des équipes de chercheurs purement nationales et internationales. Les résultats globaux présentés dans la figure 6 indiquent que les brevets issus

⁷⁴ Comme les brevets plus anciens ont eu plus de temps pour accumuler des citations jusqu'à aujourd'hui, une étude des tendances temporelles serait trompeuse. Pour la même raison, l'examen de la simple moyenne des citations sur l'ensemble de la période d'observation fausserait la comparaison entre les pays, étant donné que la répartition des activités de brevetage dans le temps diffère d'un pays à l'autre.

de coopérations internationales atteignent des scores plus élevés pour les deux mesures dans tous les domaines technologiques examinés. Les différences par rapport aux inventions purement nationales sont particulièrement prononcées pour les technologies de la connectivité et des semi-conducteurs. Il convient de noter que cela n'indique pas nécessairement un effet causal direct de l'internationalité. On pourrait plutôt imaginer que la production d'innovations révolutionnaires fortement citées nécessite régulièrement un grand groupe de chercheurs aux compétences et aux antécédents divers, ce qui constitue une motivation supplémentaire pour la formation d'équipes internationales. D'un autre point de vue, la participation d'une grande équipe de chercheurs internationaux implique qu'un plus grand nombre de personnes sont susceptibles de travailler sur différentes inventions de suivi citant le brevet d'origine. Quoi qu'il en soit, que l'internationalité soit la source principale ou un effet secondaire de l'innovation révolutionnaire, elle semble jouer un rôle essentiel dans l'obtention d'un nombre élevé de citations.

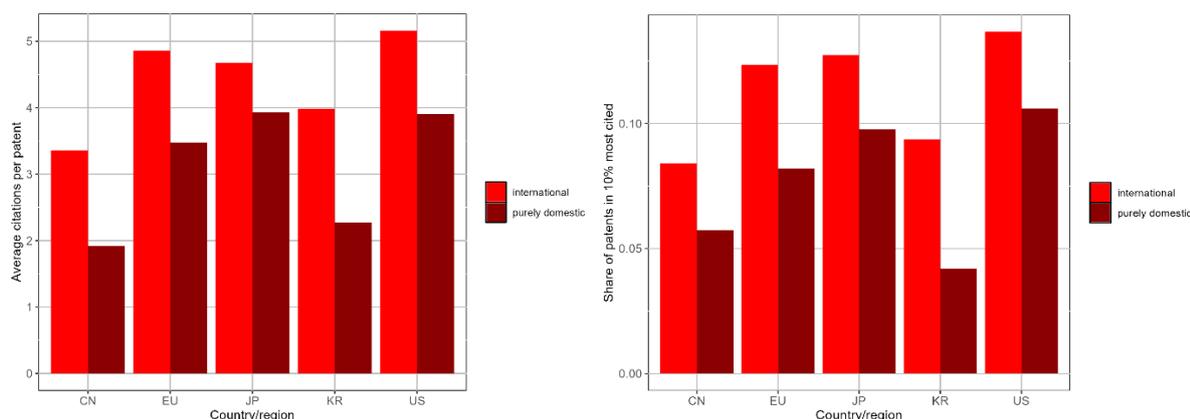
Figure 6: Citations selon la composition de l'équipe et le domaine technologique



Source : calculs personnels. Moyenne des moyennes annuelles 2011-2020 pour les brevets dans le monde.

Ce fait fondamental est confirmé pour tous les pays étudiés précédemment (voir figure 7). L'écart global entre les équipes internationales et nationales est particulièrement important dans le cas de la Corée du Sud. Dans la comparaison des technologies (voir les figures A2-A3 en annexe), des écarts importants sont observés pour tous les domaines, à l'exception de l'énergie. Dans ce contexte, l'engagement comparativement faible de la Corée du Sud dans la coopération internationale (voir la sous-section précédente) semble un peu surprenant. Cela pourrait peut-être être le reflet d'une stratégie où les risques liés à la coopération en matière de recherche ne sont acceptés que pour des projets de R&D très prometteurs. La Chine et l'UE semblent également avoir bénéficié assez largement de leur participation à des réseaux internationaux de R&D. Dans le cas de la Chine, les citations sont plus nombreuses que dans le cas de l'UE. Dans le cas de la Chine, les écarts de citations par rapport à la recherche purement nationale sont particulièrement importants dans les biotechnologies et les semi-conducteurs. Dans le cas de l'UE, la collaboration internationale a fait une différence particulière dans le domaine de l'intelligence artificielle. En ce qui concerne la moyenne des citations au total, les collaborations internationales avec la participation de l'UE sont presque à égalité avec celles impliquant des chercheurs américains, ce qui s'explique en partie par la fréquence élevée des collaborations UE-USA dans tous les domaines considérés.

Figure 7: Citations par composition de l'équipe et par pays/région



Source : calculs personnels. Moyenne des moyennes annuelles 2011-2020 pour les brevets dans les six domaines technologiques.

4.2.4 Analyse des risques des portefeuilles de partenaires

Pour toute institution, les avantages escomptés de la coopération internationale en matière de recherche doivent être mis en balance avec les risques associés au partage de ses propres ressources et connaissances avec des partenaires étrangers. Comme nous l'avons vu à la section 2, ces risques comprennent les inefficacités potentielles dues à l'inadéquation institutionnelle, mais aussi un contrôle insuffisant de l'utilisation par le partenaire des connaissances préexistantes ou générées conjointement. Ce dernier point est particulièrement problématique si les lois étrangères sur la protection de la propriété intellectuelle sont moins strictes ou difficiles à appliquer. D'un point de vue national, les risques liés aux sorties involontaires de connaissances touchent également à la question de la compétitivité nationale. Par ce biais, les ressources nationales consacrées aux activités de R&D pourraient accidentellement améliorer la position sur le marché des concurrents des champions nationaux.

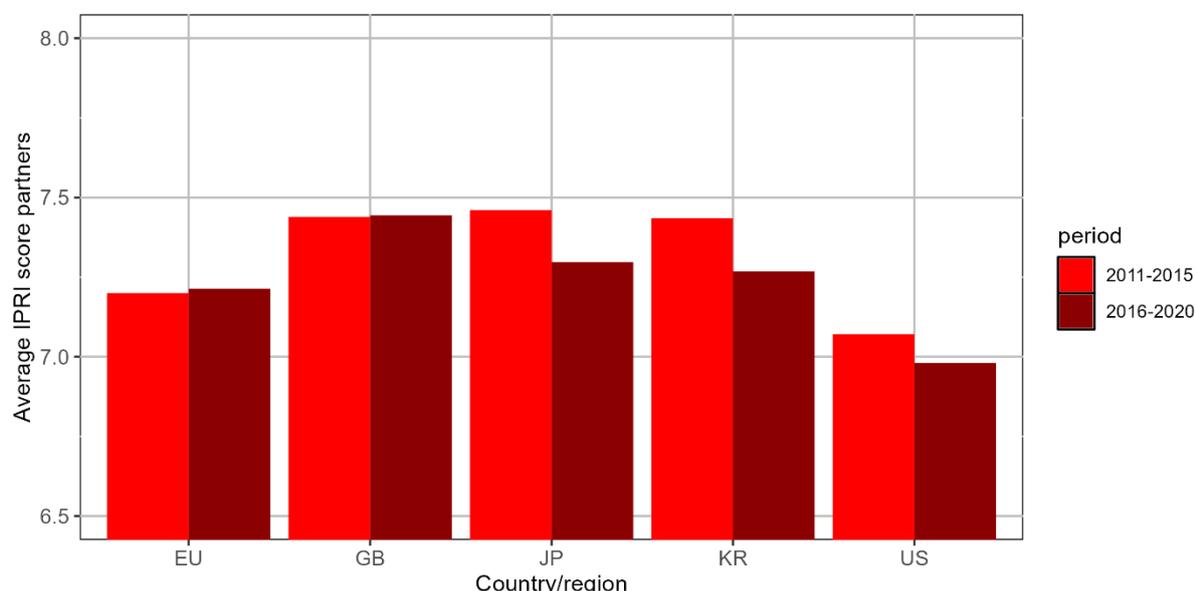
La pertinence de ces risques ne peut être évaluée qu'en fonction des limites et des dispositions juridiques détaillées convenues dans le cadre de chaque partenariat. Toutefois, notre analyse au niveau macroéconomique permet de se faire une idée de la vulnérabilité générale des pays en raison de leur portefeuille de partenaires de recherche. À cette fin, nous nous appuyons sur les résultats les plus récents de l'indice international des droits de propriété (IPRI), une évaluation régulière des pays publiée par la Property Rights Alliance.⁷⁵ Plus précisément, nous appliquons les scores du sous-indice "Droits de propriété intellectuelle", qui constitue l'un des piliers de l'IPRI. Il mesure le niveau de protection des DPI dans un pays sous la forme d'un score sans dimension en faisant la moyenne d'un ensemble diversifié d'indices externes provenant de sources scientifiques, comprenant des évaluations de la protection des brevets, des droits d'auteur et des marques. En calculant une moyenne pondérée des scores de DPI des partenaires de coopération d'un pays, avec des pondérations définies par le nombre de brevets conjoints, nous obtenons une image approximative des risques généraux de DPI associés au portefeuille de partenaires du pays.⁷⁶

⁷⁵ PRA (2023). [Indice international des droits de propriété 2023](#). Rapport. Alliance pour les droits de propriété.

⁷⁶ L'IPRI présente des résultats différenciés pour les États membres de l'UE. Pour les coopérations des États membres avec les pays tiers, la valeur respective de l'État membre a été choisie pour représenter le degré de protection des DPI du pays tiers.

La figure 8 présente les résultats pour une sélection de pays/régions. Le score moyen en matière de DPI des partenaires de coopération de l'UE est nettement plus élevé que celui des partenaires de coopération des États-Unis. Toutefois, il est inférieur à celui des partenaires du Royaume-Uni, du Japon et de la Corée du Sud. La principale raison de ces divergences réside dans le rôle de la Chine et (dans une moindre mesure) de l'Inde dans les réseaux de coopération. Ces deux pays obtiennent des scores plus faibles en matière de DPI que la plupart des membres de l'OCDE. Les États-Unis ont davantage coopéré avec la Chine que l'UE, en particulier dans les domaines de l'intelligence artificielle, de la biotechnologie et des technologies énergétiques. Cependant, la coopération de l'UE avec la Chine et l'Inde a été plus prononcée que dans le cas du Japon et de la Corée du Sud, même si cette dernière période montre un certain degré de convergence. Les autres membres de l'OCDE étaient en moyenne assez fortement attachés aux États-Unis et à l'UE en tant que partenaires de coopération, ce qui explique le score moyen élevé de l'OCDE.

Figure 8: Niveau moyen de protection des DPI dans les pays partenaires (indice)



Source : PRA (2023) ; calculs personnels : PRA (2023) ; calculs personnels

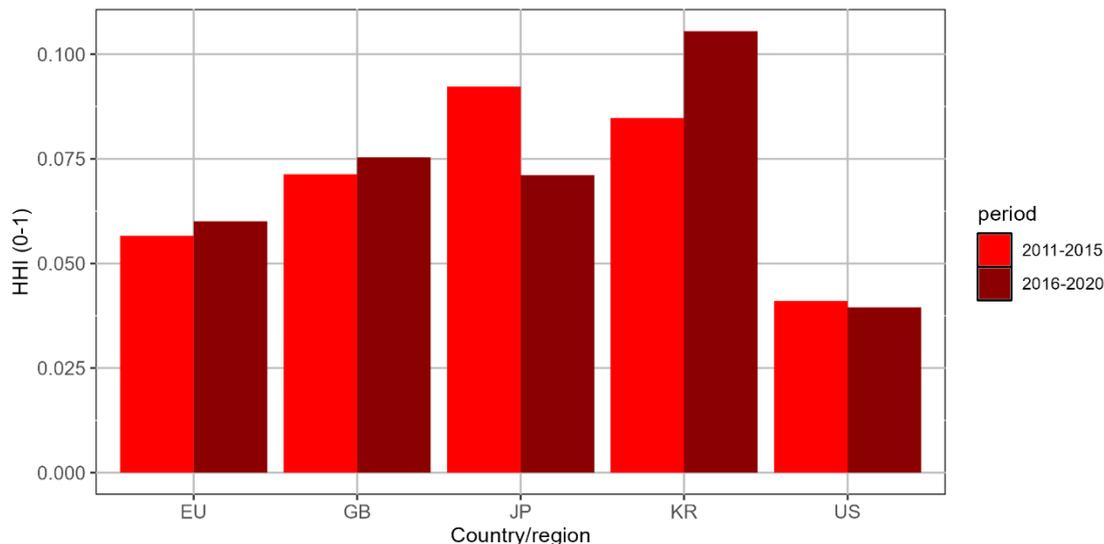
Outre la question de la protection des DPI, les portefeuilles de partenaires peuvent également être évalués d'un point de vue géostratégique. À cet égard, une forte concentration des liens de recherche sur un seul pays partenaire peut être considérée comme une source de risque à long terme. Elle implique une grande sensibilité des propres activités de recherche internationale aux changements dans les politiques d'innovation et de droits de propriété de pays partenaires spécifiques. Cela peut également accroître l'exposition aux pressions politiques générales, en particulier si les chercheurs du pays partenaire possèdent des connaissances exclusives indispensables à l'innovation en profondeur. La constitution d'un portefeuille diversifié de pays partenaires représente une forme d'assurance contre ces risques politiques propres à chaque pays.

Pour évaluer le degré de concentration des pays dans la coopération internationale en matière de recherche, nous appliquons l'indice classique de Herfindahl-Hirschman (IHH).⁷⁷ Il mesure la concentration sur une échelle de 0 à 1 (brevets conjoints avec un seul pays). La figure 9 illustre les résultats. En

⁷⁷ Rhoades, S. A. (1993). The Herfindahl-Hirschman index. Federal Reserve Bulletin, (Mar), 188-189.

conséquence, les États-Unis ont présenté le portefeuille de partenaires de loin le plus diversifié, ce qui reflète leur rôle central dans les réseaux de recherche mondiaux (voir la sous-section 4.2.2). Le portefeuille de l'UE était plus concentré, mais moins que ceux du Royaume-Uni, du Japon et de la Corée du Sud. Dans une comparaison technologique, les collaborations internationales de l'Europe étaient les moins diversifiées dans le domaine de la recherche sur l'IA, en raison de la prédominance des partenariats avec des chercheurs américains.

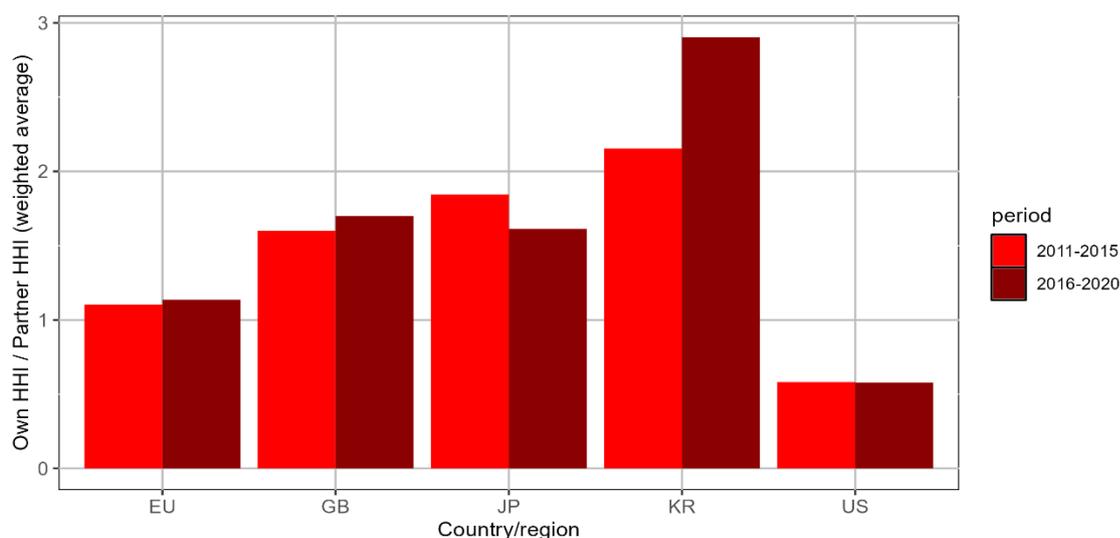
Figure 9: Concentration des portefeuilles de partenaires par pays



Source : calculs personnels

Enfin, le degré de symétrie ou d'asymétrie dans les coopérations entre pays constitue une autre perspective des schémas de coopération. Une forme de dépendance unilatérale, où le pays A se concentre fortement sur le travail de recherche avec le pays B, alors que le pays B est lié à une base beaucoup plus large de partenaires de coopération, représente une autre source de risque. Une telle dépendance asymétrique place le partenaire le plus dépendant dans une position de négociation plus faible en ce qui concerne l'harmonisation des cadres juridiques et des dispositions institutionnelles d'une coopération. La figure 10 exprime la tendance à la dépendance unilatérale par un indicateur simple, la moyenne pondérée du rapport entre le score IHH d'un pays et le score IHH de ses partenaires (avec les fréquences de coopération relatives comme pondérations). Il montre que, parmi les pays/régions présentés, les États-Unis sont de loin dans la position la plus confortable par rapport à leurs partenaires de coopération. Ses partenaires étaient en moyenne beaucoup moins diversifiés. Le niveau de diversification de l'UE était en moyenne légèrement inférieur à celui de ses partenaires de coopération, ce qui s'explique en grande partie par les liens étroits qu'elle entretient avec les États-Unis dans le domaine de la recherche.

Figure 10: Degré de dépendance unilatérale dans la coopération en matière de recherche



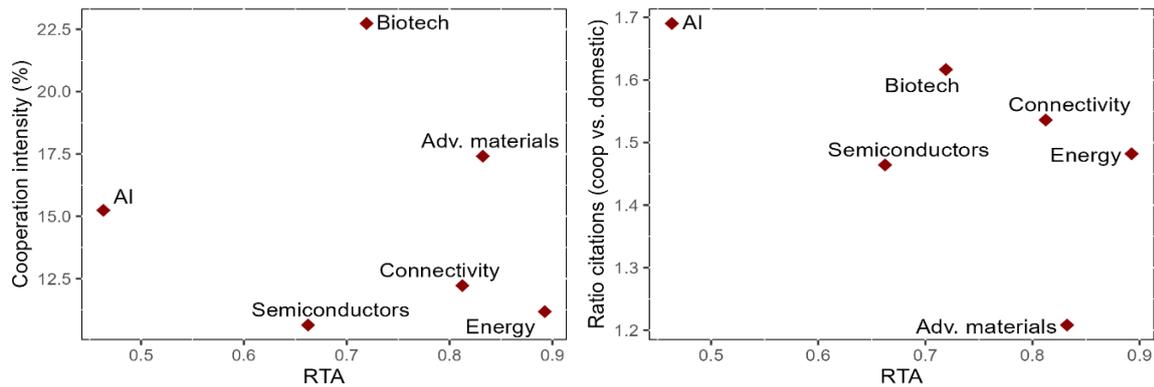
Source : calculs personnels

5 Discussion

5.1 Comparaison des domaines technologiques

Les résultats de l'UE pour les différents domaines technologiques présentent quelques points communs. Tout d'abord, dans aucun des six domaines technologiques critiques, la recherche de l'UE n'a bénéficié d'un avantage technologique comparatif révélé (ATR) par rapport au reste du monde. Cela s'explique principalement par le fait que d'autres grandes forces d'innovation comme les États-Unis, le Japon et (de plus en plus) la Chine ont mis davantage l'accent sur les technologies critiques. Deuxièmement, les brevets impliquant une coopération internationale en matière de recherche ont atteint, dans tous les domaines, un nombre moyen de citations plus élevé que les brevets dont les inventeurs sont exclusivement basés dans l'UE. L'importance spécifique de la coopération diffère selon les domaines. Le domaine des biotechnologies représente une exception en ce qui concerne l'intensité de la coopération. Pour les technologies de l'intelligence artificielle, l'écart de citation entre la recherche internationale et la recherche purement nationale était particulièrement prononcé. En général, les domaines plus éloignés de l'Europe (plus petits ACR) ont tendance à présenter un bonus de citation plus important pour les brevets issus de la coopération internationale (voir figure 11). Cela souligne la pertinence de la coopération en matière de recherche comme moyen de compenser le manque de ressources nationales dans l'exploration de technologies essentielles.

Figure 11: Intensité et qualité de la coopération technologique du point de vue de l'UE



Source : calculs personnels. Période : 2016-2020.

Tableau 2: Facteurs de risque par domaine technologique dans la perspective de l'UE

Domaine technologique	Facteurs de risque coopération (valeurs de l'UE)		
	Partenaires pour la protection des DPI	Concentration des partenaires	Dépendance unilatérale
	Score DPI (PRA, 2023)	HHI (0-1)	Av. Ratio IHH propre / IHH partenaire
Matériaux avancés	7.11	0.26	0.94
Technologies de l'IA	7.28	0.35	1.72
Biotechnologies	7.35	0.34	1.16
Connectivité	7.22	0.30	1.35
Technologies de l'énergie	7.22	0.27	0.72
Technologies des semi-conducteurs	7.27	0.26	0.94

Source : calculs personnels. Référence : Moyenne des valeurs pour GB, JP, KR, US. Rouge clair : Légèrement moins bon que l'indice de référence. Vert clair : Légèrement supérieur à l'indice de référence (< +10 %). Vert : Nettement supérieur à l'indice de référence (> +10 %). Période : 2016-2020.

En ce qui concerne la répartition des facteurs de risque, les similitudes entre les domaines technologiques l'emportent sur les divergences. Si l'on compare l'UE à une référence représentant la moyenne de quatre grands pays à revenu élevé (États-Unis, Japon, Corée du Sud, Grande-Bretagne), le portefeuille de partenaires de l'UE est moins concentré et moins sujet à des dépendances unilatérales dans tous les domaines, à l'exception de la connectivité (voir tableau 2). Dans le même temps, le degré moyen de protection des DPI dans les pays partenaires de l'UE est inférieur à celui de l'étalon dans la majorité des domaines.

5.2 Recommandations stratégiques

Même si notre analyse des brevets pour les technologies critiques ne peut pas éclairer le domaine de la coopération technologique internationale dans toute sa diversité, ses résultats, associés aux conclusions de la littérature économique, fournissent la base de quelques recommandations pour une future stratégie technologique européenne. Cela commence par les particularités de la production et de la consommation du bien "connaissance". La création de nouvelles connaissances est toujours basée sur des connaissances existantes (formelles et informelles). Les connaissances générées ne peuvent presque jamais être complètement protégées, mais se diffusent tôt ou tard. Ces deux faits combinés créent des interdépendances insolubles entre les divers acteurs du paysage international de la

recherche, ce qui fait de l'échange de connaissances un vecteur de progrès mondial, loin de représenter un jeu à somme nulle. Une stratégie technologique à long terme de l'UE doit viser à optimiser la position de l'Europe dans ces réseaux mondiaux de connaissances, tout en gérant soigneusement les risques stratégiques résultant de sorties involontaires de connaissances.

Il faut pour cela reconnaître l'autonomie intrinsèque de la politique internationale de recherche et de développement en matière de communication politique. Précisément, l'UE devrait cesser de mélanger les menaces physiques avec les risques véritablement économiques sous le titre de "sécurité économique". Les escalades militaires et la vulnérabilité de nos infrastructures aux attaques étrangères sont sans aucun doute des dangers réels qui appellent des réponses européennes résolues. Toutefois, ils sont d'une nature et d'une dimension totalement différentes des questions de compétitivité liées à la fuite des connaissances. Ce dont l'UE a besoin, c'est d'une stratégie technologique internationale spécifique qui exploite le potentiel de coopération et minimise les risques pour les technologies futures pertinentes pour le système. Notre analyse a montré que l'actuel portefeuille de brevets de l'UE n'est guère axé sur les technologies actuellement considérées comme critiques. L'établissement de partenariats technologiques à long terme avec des pays tiers est un moyen prometteur de compenser ce manque de spécialisation. Idéalement, ces partenariats devraient couvrir toutes les étapes du processus d'innovation. Leur formation devrait être guidée par les principes suivants :

- 1. Diversification des partenaires de coopération :** Notre analyse révèle que le portefeuille de partenaires de recherche de l'UE présente un degré de concentration par pays bien plus élevé que celui des États-Unis. Cela s'explique principalement par le rôle central des équipes de recherche UE-USA dans le portefeuille de partenaires de l'UE dans tous les domaines technologiques considérés. En raison de leur rôle persistant de pionnier technologique et de leur dynamique commerciale globale, les États-Unis resteront un partenaire essentiel pour l'UE à l'avenir. Toutefois, pour réduire les dépendances unilatérales et les risques politiques qui en découlent, il sera indispensable d'étendre simultanément la coopération en matière de recherche avec d'autres forces majeures. Il s'agit avant tout des superpuissances technologiques que sont le Japon et la Corée du Sud, qui ont jusqu'à présent été peu intégrées dans les réseaux de recherche internationaux, ce qui donne de la vie aux accords de partenariat existants (voir section 3). Les anciens obstacles pratiques à la coopération, tels que la distance spatiale et les barrières linguistiques, sont en train de perdre de leur importance en raison du triomphe des laboratoires numériques et de la communication assistée par l'IA. La situation actuelle est donc idéale pour établir de nouvelles relations de recherche.

2. **Intégration des partenaires de coopération dans les programmes internes de soutien à la R&D :** Les partenariats technologiques devraient être renforcés et stabilisés par un accès réciproque aux programmes publics de soutien à la recherche et au développement. L'inclusion récente de la Nouvelle-Zélande, du Canada et (bientôt) de la Corée du Sud⁷⁸ en tant que membres associés du programme Horizon Europe de l'UE en est un bon exemple et devrait être étendue à d'autres pays partenaires à l'avenir. Afin de rendre cette offre attrayante pour les partenaires, ceux-ci devraient non seulement être intégrés dans la structure de financement, mais aussi se voir accorder une influence sur la gouvernance thématique dans les futures périodes de planification. En outre, les demandeurs de subventions des pays partenaires devraient bénéficier d'une assistance spéciale pour le processus de demande afin de compenser le désavantage que représente le manque d'expérience administrative.
3. **Fusion des partenariats bilatéraux en clubs technologiques :** Pour profiter pleinement des avantages d'un portefeuille de partenaires diversifié, l'UE devrait chercher à fusionner partiellement ses partenariats bilatéraux en clubs technologiques plurilatéraux, en coopérant dans des domaines où les efforts conjoints promettent de fortes économies d'échelle. Cela concerne, par exemple, l'application de la protection des droits de propriété intellectuelle dans la coopération internationale en matière de recherche et le travail commun sur la normalisation comme moyen d'orienter le développement technologique futur. En ce qui concerne plus particulièrement les technologies critiques, le "triangle technologique puissant" États-Unis-Japon-UE offre une grande marge de manœuvre pour une coopération tripartite allant au-delà des initiatives bilatérales existantes.⁷⁹ En établissant des règles et des principes communs, l'UE devra maintenir un certain degré de pragmatisme. En outre, pour éviter une nouvelle fragmentation du paysage mondial de la recherche, il est important que l'accès à ces clubs reste possible et soit accordé de manière non discriminatoire (c'est-à-dire sur la base de critères objectifs tels que le respect de la propriété intellectuelle et de la liberté scientifique).
4. **Intégration complète des instruments unilatéraux de sécurité économique :** Les instruments unilatéraux envisagés par l'UE pour protéger sa sécurité économique (voir sous-section 3.2) devraient être intégrés dans un concept commun de sauvegarde du leadership commun en matière d'innovation dans le cadre des clubs technologiques, au moins dans la mesure où ils concernent des risques économiques réels. Cela renforce la confiance mutuelle entre les membres du club et augmente l'efficacité des mesures de défense, par exemple en rendant plus difficile pour les entreprises de contourner les règles de contrôle des exportations par le biais de l'IDE et du détournement des échanges.
5. **Étendre la coopération technologique pour surmonter les goulets d'étranglement nationaux :** Outre l'intensification des travaux conjoints en matière de recherche fondamentale et de développement de produits, les partenariats devraient également porter sur les dernières étapes du processus d'innovation, en particulier la transformation des idées en modèles d'entreprise évolutifs. Cela permet de s'attaquer aux goulets d'étranglement actuels des écosystèmes d'innovation

⁷⁸ ScienceBusiness (2024). La [Corée du Sud rejoint Horizon Europe dans le cadre d'une initiative de plusieurs milliards d'euros visant à mondialiser la science](#). Actualités, 25 mars 2024.

⁷⁹ Regalo, S. (2024). [Approfondir la coopération UE-Japon-États-Unis sur les technologies critiques et émergentes](#). Commentaire, 7 mai 2024.

européens, tels que le manque de capital-risque, la complexité de la réglementation et la pénurie de travailleurs qualifiés.⁸⁰ Les partenaires pourraient s'efforcer d'améliorer les conditions nationales de mise en œuvre de l'innovation, par exemple en établissant des programmes conjoints de capital-risque public-privé, en harmonisant les règles d'imposition des bénéficiaires et en facilitant l'échange de professionnels. De cette manière, la collaboration en matière de recherche pourrait constituer la base d'une approche holistique de la chaîne de valeur de l'innovation.

⁸⁰ Wolf, A. (2024). [Matériaux avancés pour l'ère verte et numérique](#). cepInput No. 8/2024.

6 Conclusion

Récemment, les avantages indispensables de la coopération avec les pays tiers pour l'UE ont été relégués à l'arrière-plan par un débat public axé sur les risques géopolitiques. Cela vaut également pour le domaine de la coopération technologique, comme le montre l'approche axée sur les risques adoptée par la Commission dans sa stratégie de sécurité économique. Dans cette situation, il est d'autant plus important de retrouver une vision pragmatique des bénéfices et des risques de la création conjointe et du partage des connaissances avec les pays tiers. Cette étude vise à apporter une contribution à cet égard. Elle soutient que les formes spécifiques et diverses de coopération technologique observées peuvent être considérées comme le résultat d'un compromis entre la maximisation de la productivité de la R&D et le maintien du contrôle sur l'utilisation des connaissances partagées. La gestion de ce compromis nécessite des mesures de protection spécifiques à la technologie, tant à l'échelle micro (protection des connaissances par les entreprises) qu'à l'échelle macro (par exemple, politiques en matière de droits de propriété intellectuelle), et non un refuge panique vers des instruments protectionnistes.

Empiriquement, notre analyse des activités de brevetage dans des domaines technologiques critiques met en évidence la pertinence de la coopération internationale en matière de recherche du point de vue de l'UE. En termes de nombre de demandes de brevets, l'UE ne possède d'avantage technologique comparatif dans aucun des six domaines technologiques étudiés par rapport au reste du monde. Avant tout, son portefeuille de brevets se concentre beaucoup moins sur les technologies essentielles que ceux de la Chine et du Japon. Dans le même temps, l'activité de brevetage de l'UE a toujours été caractérisée par une coopération intensive avec des chercheurs de pays tiers. Dans tous les domaines, la coopération a été particulièrement intense avec les États-Unis et, dans des domaines tels que les matériaux avancés et les technologies de l'intelligence artificielle, de plus en plus avec la Chine. Cela a placé l'UE dans une position centrale au sein des réseaux de recherche mondiaux. En outre, les brevets de l'UE issus de coopérations internationales ont fait l'objet d'un nombre moyen de citations nettement plus élevé que ceux dont les inventeurs n'appartenaient qu'à l'UE. Leur part parmi les 10 % de brevets les plus cités au niveau mondial était également plus que proportionnelle.

Notre analyse des risques a mis en évidence les compromis associés au portefeuille actuel de partenaires de recherche de l'UE. Si le portefeuille de l'UE est plus diversifié et moins sujet à des dépendances unilatérales que ceux du Japon et de la Corée du Sud, par exemple, il peut être considéré comme plus risqué en ce qui concerne la protection des droits de propriété intellectuelle dans ses pays partenaires. Dans la situation géopolitique actuelle, ce compromis est difficile à résoudre. L'objectif de diversifier les partenariats en s'éloignant des leaders technologiques établis menace de conduire l'UE dans les mains de pays dont le traitement laxiste des droits de propriété intellectuelle fait partie intégrante de leur stratégie technologique.

Dans ce contexte, nous présentons les principaux éléments d'une stratégie européenne de coopération technologique tournée vers l'avenir. Cette stratégie devrait comporter une approche intelligente de la diversification, en maintenant des liens étroits avec les États-Unis dans les domaines où les lacunes en matière de connaissances sont importantes, tout en étendant la coopération avec d'autres partenaires fiables et forts dans le domaine de la recherche. Dans les domaines technologiques critiques considérés, le Japon et la Corée du Sud sont des candidats naturels. Pour renforcer son attrait en tant que partenaire technologique, l'UE devrait ouvrir davantage ses programmes globaux de

financement de la R&D aux pays partenaires, tant en ce qui concerne la participation au financement que l'alignement stratégique.

À moyen terme, les partenariats bilatéraux devraient être fusionnés en clubs technologiques plurilatéraux, afin de bénéficier d'avantages d'échelle et de maximiser l'influence sur les normes mondiales. Au cours de ce processus, les instruments unilatéraux de sécurité économique envisagés par l'UE devraient être intégrés dans un concept commun de protection contre les risques technologiques. Le "triangle technologique puissant" États-Unis-Japon-UE représenterait un prototype approprié pour cette nouvelle forme de collaboration. Enfin, l'UE devrait s'efforcer d'exploiter les avantages potentiels des partenariats technologiques au-delà du simple succès de la recherche. Ils pourraient aider à surmonter les obstacles à la commercialisation des inventions, par exemple en attirant du capital-risque par le biais de fonds communs et en échangeant des expériences sur les politiques fiscales favorables aux investisseurs. De cette manière, la collaboration en matière de recherche pourrait ouvrir la voie à l'émergence de chaînes de valeur stratégiques communes en matière d'innovation.

7 Annexe

Tableau A 1: Définition des domaines technologiques

Critique technologie (définition de l'UE)	Considéré	Source	Abréviation	Codes IPC attribués
Avancé semi-conducteur technologies	Oui	ATI (2021) : Micro-et nanoélectronique, photonique	Semi-conducteurs	B82Y 25, F21K, F21V, F21Y, G01D 5/26, G01D 5/58, G01D 15/14, G01G 23/32, G01J, G01L 1/24, G01L 3/08, G01L 11/02, G01L 23/06, G01M 11, G01P 3/36, G01P 3/38, G01P 3/68, G01P 5/26, G01Q 20/02, G01Q 30/02, G01Q 60/06, G01Q 60/18, G01R 15/22, G01R 15/24, G01R 23/17, G01R 31/26, G01R 31/27, G01R 31/28, G01R 31/303, G01R 31/304, G01R 31/308, G01R 31/317, G01R 31/327, G01R 33/032, G01R 33/26, G01S 7/481, G01V 8, G02B 5, G02B 6 (excl. sous-classes 1, 3, 6/36, 6/38, 6/40, 6/44, 6/46), G02B 13/14, G03B 42, G03G 21/08, G06E, G06F 3/042, G06K 9/58, G06K 9/74, G06N 3/067, G08B 13/186, G08C 19/36, G08C 23/04, G08C 23/06, G08G 1/04, G09G 3/14, G09G 3/32, G11B 7/12, G11B 7/125, G11B 7/13, G11B 7/135, G11B 11/03, G11B 11/12, G11B 11/18, G11C 11/42, G11C 13/04, G11C 19/30, H01F 10/193, H01G 9/028, H01G 9/032, H01H 47/32, H01H 57, H01J 3, H01J 5/16, H01J 29/46, H01J 29/82, H01J 29/89, H01J 31/50, H01J 37/04, H01J 37/05, H01J 49/04, H01J 49/06, H01L 31/052, H01L 31/055, H01L 31/10, H01L 33/06, H01L 33/08, H01L 33/10, H01L 33/18, H01L 51/50, H01L 51/52, H01S 3, H01S 5, H02N 6, H03B 5/32, H03C 3/22, H03F 3/04, H03F 3/06, H03F 3/08, H03F 3/10, H03F 3/12, H03F 3/14, H03F 3/16, H03F 3/183, H03F 3/21, H03F 3/343, H03F 3/387, H03F 3/55, H03K 17/72, H05B 33, H05K 1
Technologies d'intelligence artificielle	Oui	ATI (2021) : Intelligence artificielle	AI	G06F 15/18, G06F 17/20-17/28, G06F 17/30*#, G06F 17/50*#, G06F 19/10*#, G06K 9, G06N*#, G06Q 30/02*#, G06T 7, G10L 13/027, G10L 15, G10L 17, G10L 25/63, G10L 25/66
Quantum technologies	Non (pas d'attribution significative de codes IPC)			
Biotechnologies	Oui	Friedrichs & van Beuzekom (2018)	Biotechnologie	A01H 1/00, A01H 4/00, A01K 67/00, A61K 35/12 - 768, A61K 38/00, A61K 39/00, A61K 48/00, C02F 3/34, C07G 11/00, C07G 13/00, C07G 15/00, C07K 4/00, C07K 14/00, C07K 16/00, C07K 17/00, C07K 19/00, C12M, C12N, C12P, C12Q, C40B 10/00, C40B 40/02, C40B 40/06, C40B 40/08, C40B 50/06, G01N 27/327, G01N 33/50, G01N 33/53, G01N 33/54, G01N 33/55, G01N 33/57, G01N 33/68, G01N 33/74, G01N 33/76, G01N 33/78, G01N 33/88, G01N 33/92, G06F 19/10 - 24
Avancé connectivité, navigation et technologies numériques	Oui (agrégat avec détection technologies)	ATI (2021) : Internet des objets, technologies de l'information pour la mobilité, sécurité	Connectivité	A61B 1/00%, A61B 5/00%, A61B 5/02%, A61B 5/04%, A61B 5/05%, A61B 5/103, G01C 11, G01C 19, G01C 21, G01S, G01V 3/17%, G01V 15/00%, G05D 1/03%, G06F12/14, G06F 17/00, G06F 19/00, G06F21, G06K19, G08B 5/22%, G08B 6/00%, G08B 13/14%, G08B 13/24%, G08B 21/00%, G08B 25/10%, G08B 29/00%, G08C 17%, G08G, G09F 3/00%, G09C, G09F 3/03%, G11C8/20, H01Q 7/00%, H01Q 9/04%, H02J 17/00%, H04B 1/48%, H04B 1/59%, H04B 5/00%, H04B 7/00%, H04B 7/08%, H04B 7/185, H04B 10/105, H04K, H04L9, H04M1/66, H04M1/67, H04M1/68, H04M1/70, H04M1/727, H04N7/167, H04N7/169, H04N7/171, H04Q 5/22%, H04Q 7/00%, H04Q 9/00%, H04W12
Technologies de détection avancées	Oui (agrégat avec connectivité technologies)			
Technologies spatiales et de propulsion	Non (non séparé par l'API (2021))			
Technologies de l'énergie	Oui	Mot-clé propre recherche	L'énergie	C10L 5/40 (biocarburants), C25B 1/02(électrolyse de l'eau), F03D (moteurs éoliens), F24S (collecteurs de chaleur solaire), F25B 30/00 (pompes à chaleur), G21B (réacteurs de fusion), H01L 31/04-31/05 (modules PV), H01M (batteries, piles à combustible)
Robotique et systèmes autonomes	Non (pas d'attribution significative de codes IPC)			
Matériaux avancés, fabrication et technologies de recyclage	Oui	ATI (2021) : Matériaux avancés	Matériaux avancés	B32B 9, B32B 15, B32B 17, B32B 18, B32B 19, B32B 25, B32B 27, B82Y 30, C01B 31, C01D 15, C01D 17, C01F 13, C01F 15, C01F 17, C03C, C04B 35, C08F, C08J 5, C08L, C22C, C23C, D21H 17, G02B 1, H01B 3, H01F 1/0, H01F 1/12, H01F 1/34, H01F 1/42, H01F 1/44, H01L 51/30, H01L 51/46, H01L 51/54

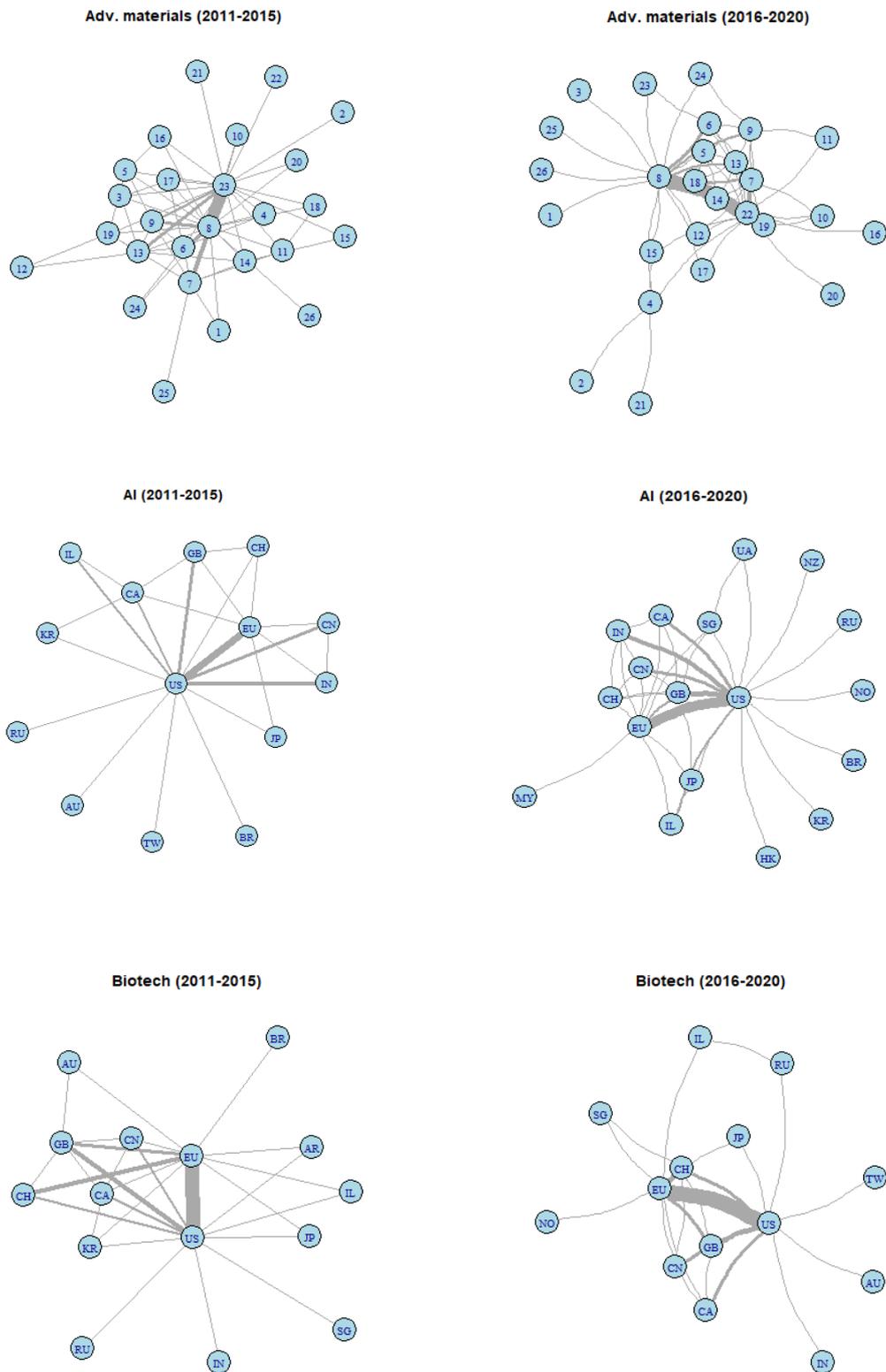
Source : propre description

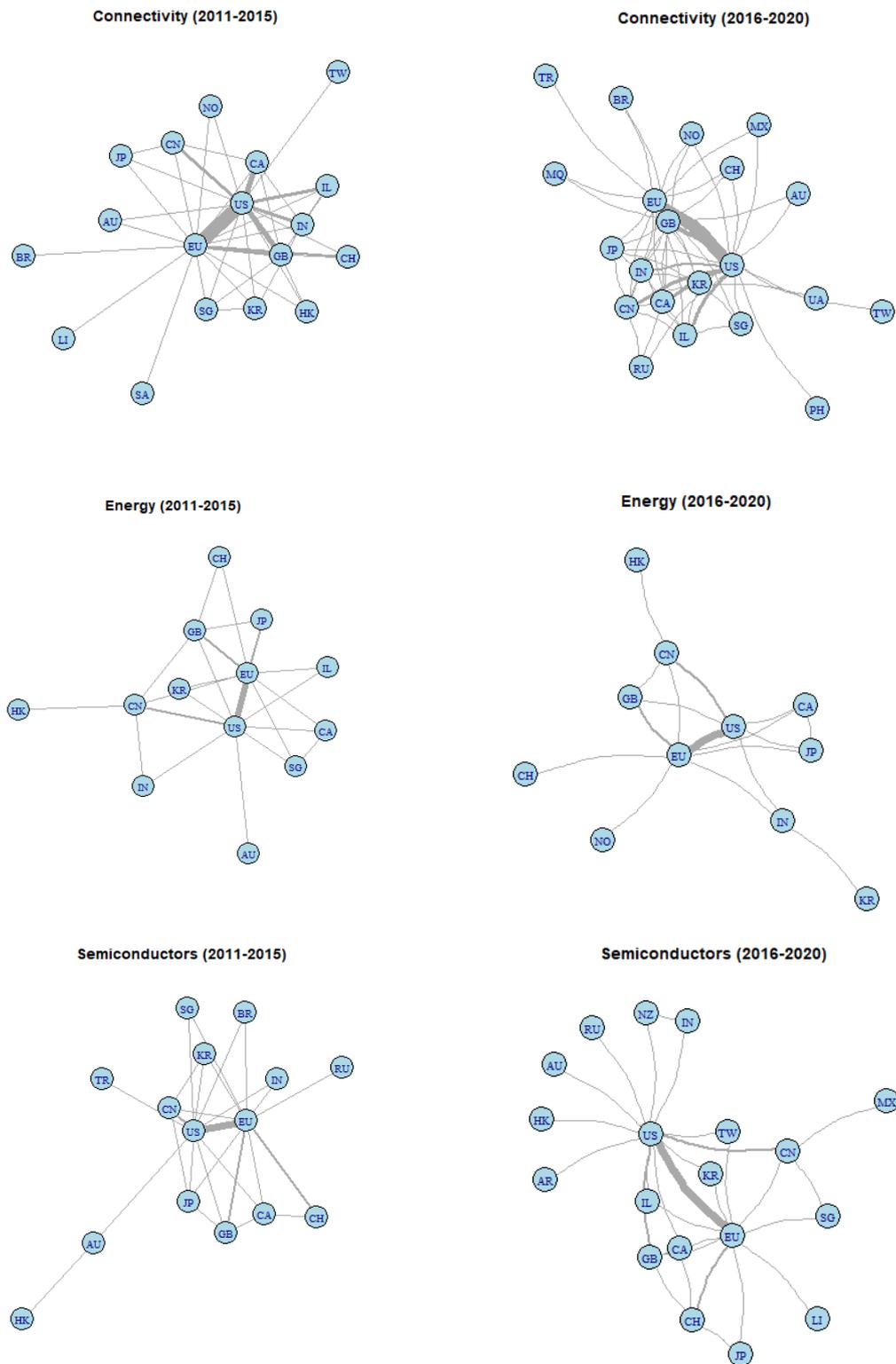
Tableau A 2: Les 5 premiers partenaires de l'UE dans les coopérations en matière de brevets, par domaine technologique

Domaine technologique	Rang	Période : 2011-2015		Période : 2016-2020	
		Partenaire de coopération	Part dans le total des coopérations de l'UE27	Partenaire de coopération	Part dans le total des coopérations de l'UE27
Matériaux avancés	1	ÉTATS-UNIS	42.5%	ÉTATS-UNIS	46.8%
Matériaux avancés	2	CH	12.1%	CH	11.3%
Matériaux avancés	3	GB	10.6%	CN	9.4%
Matériaux avancés	4	CN	8.4%	GB	7.2%
Matériaux avancés	5	JP	5.5%	JP	7.1%
Technologies de l'IA	1	ÉTATS-UNIS	62.3%	ÉTATS-UNIS	56.7%
Technologies de l'IA	2	GB	13.5%	GB	11.5%
Technologies de l'IA	3	CH	7.4%	CH	9.3%
Technologies de l'IA	4	IN	5.9%	IN	4.9%
Technologies de l'IA	5	CN	3.9%	CA	4.9%
Biotechnologie	1	ÉTATS-UNIS	50.7%	ÉTATS-UNIS	53.5%
Biotechnologie	2	CH	18.1%	CH	16.1%
Biotechnologie	3	GB	13.0%	GB	13.5%
Biotechnologie	4	CA	4.4%	CA	5.2%
Biotechnologie	5	CN	3.7%	CN	3.8%
Connectivité	1	ÉTATS-UNIS	50.5%	ÉTATS-UNIS	52.0%
Connectivité	2	GB	12.2%	GB	10.6%
Connectivité	3	CH	10.0%	CH	9.0%
Connectivité	4	CA	5.6%	CN	5.3%
Connectivité	5	IL	4.0%	IN	5.1%
L'énergie	1	ÉTATS-UNIS	42.5%	ÉTATS-UNIS	46.4%
L'énergie	2	JP	14.5%	GB	12.4%
L'énergie	3	GB	14.0%	JP	10.9%
L'énergie	4	CH	7.4%	CN	8.9%
L'énergie	5	CA	7.2%	CH	8.4%
Semi-conducteurs	1	ÉTATS-UNIS	44.1%	ÉTATS-UNIS	45.9%
Semi-conducteurs	2	CH	16.2%	CH	16.5%
Semi-conducteurs	3	GB	12.3%	GB	10.2%
Semi-conducteurs	4	CA	5.9%	JP	7.6%
Semi-conducteurs	5	CN	5.3%	CA	4.5%

Source : calculs personnels

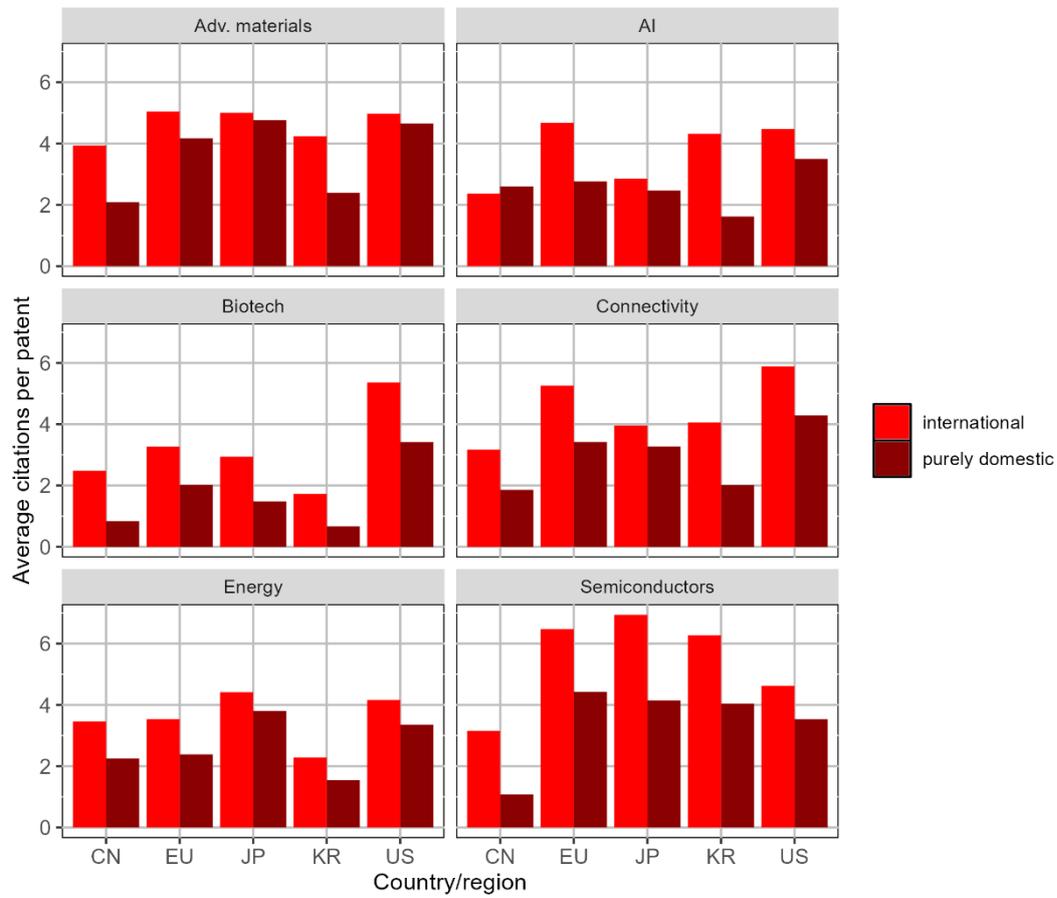
Figure A 1: Graphiques de réseau pour les coopérations nationales par domaine technologique





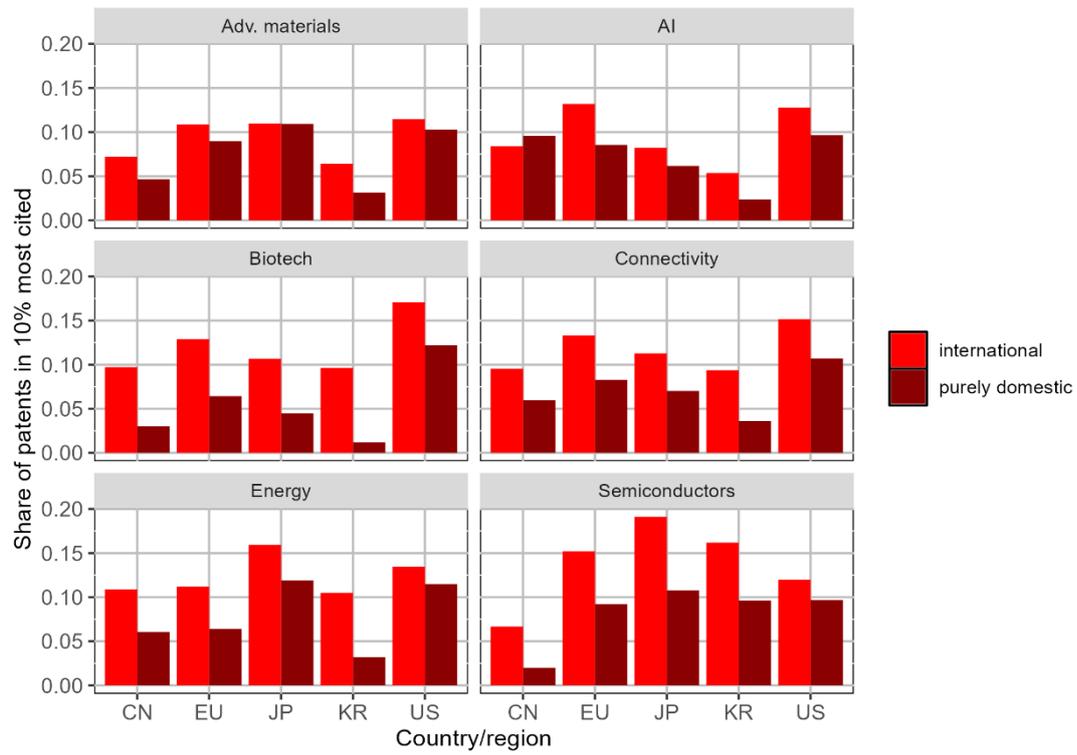
Source : calculs personnels. Largeur des bords : Nombre de demandes de brevets conjointes.

Figure A 2: Nombre moyen de citations de brevets par domaine technologique et composition de l'équipe



Source : calculs personnels

Figure A 3: Part des brevets dans les 10 % les plus cités au monde par domaine technologique et composition de l'équipe



Source : calculs personnels

**Auteur :**

André Wolf, chef de la division Technologie, infrastructure et développement industriel
wolf@cep.eu

Traduction : Victor Warhem, warhem@cep.eu

Centrum für Europäische Politik FREIBURG | BERLIN

Kaiser-Joseph-Straße 266 | D-79098 Freiburg

Schiffbauerdamm 40 Räume 4205/06 | D-10117 Berlin

Tél. + 49 761 38693-0

Le **Centrum für Europäische Politik** FREIBURG | BERLIN, le **Centre de Politique Européenne** PARIS, et le **Centro Politiche Europee** ROMA forment le **réseau des Centres de Politique Européenne** FREIBURG | BERLIN | PARIS | ROMA.

Les instituts du CEP sont spécialisés dans l'analyse et l'évaluation de la politique d'intégration européenne. Ils publient leurs travaux scientifiques indépendamment de tout intérêt particulier, en faveur d'une Union européenne qui respecte l'État de droit et les principes de l'économie sociale de marché.