

## Une chaîne de valeur repensée pour une bioéconomie européenne renouvelée

### Étendre le potentiel de la biotechnologie au-delà du secteur alimentaire

André Wolf



Copyright

Les technologies impliquant un usage responsable des ressources biologiques renforcent non seulement la capacité d'innovation du secteur industriel européen, mais contribuent également à la réalisation des multiples objectifs de durabilité du « Green Deal » de l'UE. Avec la prochaine initiative sur les biotechnologies et la biofabrication, l'UE est incitée à développer une stratégie actualisée pour une bioéconomie industrielle compétitive. Cet Input du cep analyse les conditions-cadres actuelles et propose des champs d'action clés dans le cadre d'une approche axée sur la chaîne de valeur.

#### Principaux résultats :

- La commercialisation de produits biosourcés innovants dans l'UE se heurte à d'importants obstacles généraux, au premier rang desquels l'accès insuffisant au capital-risque et le manque de main-d'œuvre qualifiée. En outre, les problèmes de durabilité dans l'extraction des matières premières et la complexité de la gamme de produits entravent la pénétration du marché dans certains segments.
- Dans le domaine de la recherche biotechnologique, les activités de brevetage menées par les inventeurs de l'UE des 27 ont récemment affiché une dynamique plus faible que dans le cas de la Chine et des États-Unis. Pour maintenir sa position dans la course mondiale à la technologie, l'UE devrait chercher à développer les principaux atouts de ses régions les plus innovantes : une riche dotation en scientifiques et en ingénieurs, un niveau d'éducation globalement élevé et un haut degré de coopération suprarégionale en matière de recherche.
- Les stratégies politiques visant à surmonter les obstacles à la croissance doivent adopter une perspective de chaîne de valeur. Trois domaines d'action politique revêtent une importance générale : garantir l'accès aux intrants essentiels, soutenir la formation de marchés verts compétitifs et renforcer la coopération des parties prenantes au sein et au-delà des chaînes de valeur. Pour mettre en œuvre les instruments de soutien de manière cohérente, il faut un échange continu avec les parties prenantes de l'industrie et des objectifs quantitatifs contraignants pour remplacer l'utilisation de matières premières fossiles.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Caractéristiques de la bioéconomie de l'UE.....</b>	<b>6</b>
2.1	Délimitation du sujet.....	6
2.2	Pertinence stratégique .....	7
2.3	Regroupement spatial .....	12
2.4	Obstacles à la croissance .....	17
<b>3</b>	<b>Dynamique de l'innovation dans la bioéconomie.....</b>	<b>21</b>
3.1	Catégories de biotechnologies .....	21
3.2	Comparaison des activités à l'échelle mondiale.....	23
3.3	Les points chauds de l'innovation dans l'UE.....	27
<b>4</b>	<b>Stratégies de développement au niveau de l'UE .....</b>	<b>33</b>
4.1	L'évolution des politiques de l'UE en matière de bioéconomie .....	33
4.2	La bioéconomie dans le cadre du Green Deal de l'UE .....	37
<b>5</b>	<b>Implications politiques .....</b>	<b>41</b>
5.1	Champs d'action .....	41
5.2	Recommandations.....	43
<b>6</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>Annexe.....</b>	<b>49</b>

## Liste des figures

Graphique 1: Voies d'utilisation des ressources biologiques dans l'industrie manufacturière (non alimentaire) .....	7
Graphique 2: Valeur ajoutée de la bioéconomie de l'UE des 27 dans sa composition sectorielle .....	8
Graphique 3: Croissance de la valeur ajoutée et de la productivité du travail dans la bioéconomie de l'UE des 27 2008-2019.....	9
Graphique 4: Répartition régionale (NUTS-2) de l'emploi dans l'industrie manufacturière biosourcée 2020.....	12
Graphique 5: Interaction des forces d'agglomération dans les industries biotechnologiques.....	17
Graphique 6: Investissements annuels en capital-risque par million d'habitants en comparaison avec d'autres pays .....	18
Graphique 7: Vue d'ensemble des potentiels et des défis des chaînes de valeur biosourcées.....	21
Graphique 8: Évolution des activités de brevetage dans le domaine de la biotechnologie dans les principaux pays inventeurs dans le monde.....	25
Graphique 9: Taille moyenne des familles de brevets biotechnologiques par pays 2005-2020 .....	25
Graphique 10: Évolution des activités de brevetage en biotechnologie dans certains États membres de l'UE.....	26
Graphique 11: Intensité de la coopération internationale en matière de brevets biotechnologiques, par pays .....	27
Graphique 12: Intensité de la coopération interdisciplinaire en matière de brevets biotechnologiques, par pays .....	27

Graphique 13: Répartition des demandes de brevets biotechnologiques par région NUTS-2 (mesure du nombre d'inventeurs).....	28
Graphique 14: Évolution du champ d'application des stratégies de l'UE en matière de bioéconomie	37
Graphique 15: Liens entre les objectifs du Green Deal européen et la stratégie bioéconomique de l'UE .....	38
Graphique 16: Principaux domaines d'action politique pour la bioéconomie de l'UE .....	43
Graphique 17: Recommandations d'actions politiques le long des chaînes de valeur biosourcées ....	46

## 1 Contexte

Jusqu'à présent, les débats politiques européens sur les objectifs de durabilité ont tourné autour d'un ensemble très limité de solutions technologiques : l'énergie éolienne, l'énergie photovoltaïque et les technologies en aval qui leur sont associées. Si l'importance fondamentale de ces sources d'énergie pour la transition écologique de l'UE est indéniable, l'ambition des objectifs exige que les stratégies politiques couvrent un horizon plus large. En particulier, les solutions biosourcées devraient pouvoir réaliser leur plein potentiel dans l'industrie manufacturière au-delà des applications traditionnelles dans l'agroalimentaire, l'ameublement et le textile. Elles ne sont pas seulement capables de remplacer les ressources fossiles dans certains segments de l'industrie tels que les produits chimiques de base, les plastiques et les carburants, contribuant ainsi à réduire l'empreinte carbone et la dépendance à l'égard des importations de ressources fossiles. Elles sont également un moteur important de l'innovation en matière de produits et de processus, étant donné leurs liens étroits avec des domaines technologiques voisins tels que les nanotechnologies ou l'ingénierie médicale. Récemment, le bond rapide dans le développement de vaccins à ARN messager au début de la pandémie de COVID-19 a démontré au grand public la pertinence des biotechnologies pour les questions fondamentales de bien-être.

La prochaine initiative de l'UE sur les biotechnologies et la biofabrication représente une occasion idéale de réorienter les priorités politiques. Pour réussir, elle doit relever une série de défis spécifiques. La complexité technologique et la diversité des étapes nécessaires à la conversion d'une matière première biologique en un produit industriel rendent le développement et la production extrêmement gourmands en capital et en connaissances. Cela ne place pas l'Europe dans une position de départ idéale pour la course mondiale à la biotechnologie de l'avenir. Par exemple, les marchés de capital-risque nécessaires pour transformer les succès de la recherche en nouveaux modèles commerciaux viables sont encore comparativement sous-développés dans l'UE. L'offre de main-d'œuvre qualifiée et spécialisée menace de devenir encore plus contraignante en raison de l'évolution démographique en cours et du fossé entre la formation universitaire et les exigences pratiques. Les questions de durabilité non résolues associées à l'extraction de la biomasse contribuent à l'incertitude du côté de la demande, tandis que le passage à des matières premières de deuxième et troisième génération est en partie encore entravé par la prédominance des économies d'échelle. Dans le même temps, la complexité réglementaire considérable impose des contraintes de développement et des coûts administratifs élevés aux industries biotechnologiques. Dans les conditions actuelles, l'Europe risque de gaspiller son potentiel de croissance dans ce segment industriel clé de l'avenir. Cela constituerait non seulement un nouveau revers pour la compétitivité industrielle, mais mettrait également en péril les multiples objectifs de durabilité du « Green Deal » de l'UE.

Sur la base d'un examen détaillé du paysage actuel de la production et de l'innovation, cet Input du cep développe un programme politique orienté vers la chaîne de valeur pour renforcer l'adoption par le marché de l'innovation biotechnologique et la compétitivité de l'industrie biosourcée dans l'UE. Il commence par une évaluation de la pertinence économique et sociétale actuelle de la bioéconomie de l'UE et de ses obstacles à la croissance, en mettant l'accent sur le rôle des forces d'agglomération spatiale en tant que caractéristique politiquement pertinente des industries biosourcées. Ensuite, à l'aide d'une analyse complète des données sur les brevets, il identifie les tendances et les modèles de performance de l'UE en matière d'innovation dans les biotechnologies, à la fois par des comparaisons à l'échelle mondiale et au niveau régional. Ensuite, les outils des précédentes stratégies de

développement de l'UE pour la bioéconomie sont analysés et leur interaction avec les récentes législations du Green Deal est élaborée. Enfin, le document traduit les résultats en trois domaines clés d'action politique associés à des instruments concrets pour surmonter les obstacles identifiés à tous les stades des chaînes de valeur biosourcées.

## 2 Caractéristiques de la bioéconomie de l'UE

### 2.1 Délimitation du sujet

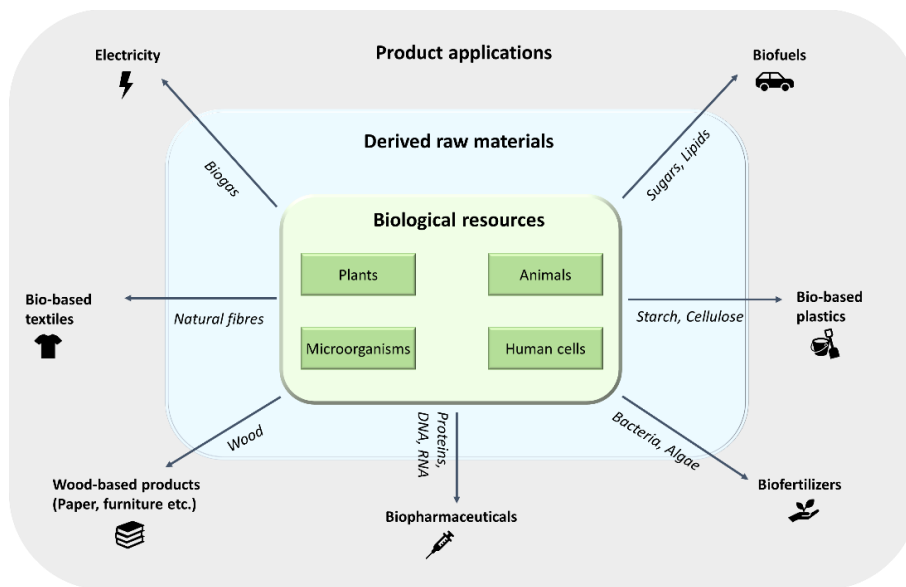
En général, le terme « bioéconomie » a été associé à un ensemble de significations assez différentes. Le sens exact dépend du contexte national ou régional et tend à varier dans le temps en fonction de l'état d'avancement des technologies et de l'émergence de nouveaux produits et services. La définition privilégiée par les décideurs politiques de l'UE a également fait l'objet de légères modifications, en raison de l'évolution des priorités politiques. Dans sa dernière révision de la stratégie de l'UE en matière de bioéconomie en 2022, la Commission européenne définit la bioéconomie comme englobant « tous les secteurs et les services et investissements associés qui produisent, utilisent, transforment, distribuent ou consomment des ressources biologiques, y compris les services écosystémiques »<sup>1</sup>. À cet égard, les ressources biologiques ne se limitent pas aux animaux et aux plantes, mais comprennent les micro-organismes et les matériaux cellulaires, ainsi que la biomasse dérivée et les déchets organiques. La définition précise que les activités concernées ne se limitent pas à la manipulation physique de ces ressources, mais qu'elles comprennent également des services d'accompagnement (commerce, recherche, etc.) et le financement d'entreprises associées. La Commission adopte donc une perspective de chaîne de valeur pour la bioéconomie, considérant que toutes les étapes de la transformation de la biomasse et les services connexes font partie intégrante de la bioéconomie de l'UE.

Dans ce qui suit, nous adoptons cette définition holistique de la bioéconomie, afin d'être cohérents avec les sources de données de l'UE. Son étendue met en lumière la variété des applications des produits biosourcés développées ces dernières années. La figure 1 donne un aperçu (non exhaustif) des voies de production actuelles des ressources biosourcées. Au-delà de leurs utilisations traditionnelles dans des secteurs tels que l'alimentation, le papier et la production de textiles, les ressources biologiques sont entrées depuis un certain temps dans les domaines des produits chimiques et pharmaceutiques. Ce faisant, elles ne fournissent pas seulement la base de l'innovation en matière de produits améliorant la santé et la qualité de vie (par exemple, les vaccins), mais sont également en mesure de remplacer les minéraux et les combustibles fossiles dans les chaînes de processus établies.

---

<sup>1</sup> Commission européenne (2022a). Rapport d'avancement de la stratégie de l'UE en matière de bioéconomie - Politique européenne en matière de bioéconomie : bilan et évolution future. Rapport de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2022) 283 final.

**Graphique 1: Voies d'utilisation des ressources biologiques dans l'industrie manufacturière (non alimentaire)**



Source : illustration personnelle

## 2.2 Pertinence stratégique

La diversité croissante de la bioéconomie renforce son importance macroéconomique. Toutefois, son caractère intersectoriel complique l'évaluation de cette importance au moyen de chiffres clés typiques tels que la valeur ajoutée et l'emploi. La taille d'un sous-segment biosourcé dans des secteurs tels que l'industrie chimique ne peut être calculée directement à partir des statistiques officielles, principalement en raison d'un manque de connaissance des parts spécifiques des intrants biosourcés dans la production<sup>2</sup>. Récemment, le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne a tenté de remédier à cette situation en développant sa propre méthodologie. Celle-ci repose sur une combinaison de données sectorielles issues des comptes nationaux et d'évaluations, au niveau des produits, de la fraction produite à partir de matières premières biologiques, réalisées par des experts de l'industrie. De cette manière, les parts de la production biologique sont calculées pour les secteurs statistiques qui ne sont pas entièrement attribuables à la bioéconomie<sup>3</sup>. Bien qu'une telle approche mixte n'offre pas le même degré de précision que les normes de comptabilité nationale établies, elle représente une avancée significative par rapport aux estimations basées uniquement sur les définitions sectorielles officielles.

Sur la base de cette méthodologie, le CCR publie un ensemble de données régulièrement mises à jour sur la valeur ajoutée annuelle et l'emploi dans la bioéconomie de l'UE et ses sous-secteurs<sup>4</sup>. La figure 2 illustre l'évolution de la valeur ajoutée (au coût des facteurs et aux prix courants) de la bioéconomie dans l'UE des 27 pour la période actuellement disponible (2008-2020). Ainsi, à la date la plus récente,

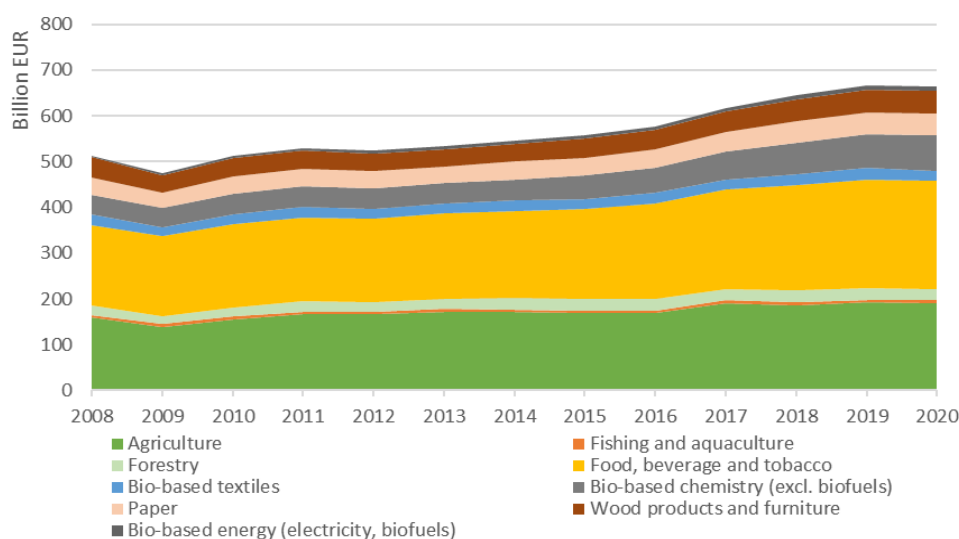
<sup>2</sup> Meyer, R. (2017). Stratégies de bioéconomie : Contextes, visions, principes directeurs de mise en œuvre et débats qui en découlent. *Sustainability*, 9(6), 1031.

<sup>3</sup> Ronzon, T., Piotrowski, S., Tamosiunas, S., Dammer, L., Carus, M. et M'barek, R. (2020). Évolution de la croissance économique et de l'emploi dans les secteurs de la bioéconomie dans l'UE. *Sustainability*, 12(11), 4507.

<sup>4</sup> CCR (2024). [Emplois et richesse dans la bioéconomie de l'Union européenne](#). Centre commun de recherche - Centre de connaissances sur la bioéconomie.

en 2020, la valeur ajoutée annuelle totale générée par la bioéconomie s'élevait à 664 milliards d'euros. **Par rapport à une somme de 2 601 milliards d'euros de valeur ajoutée générée dans les secteurs primaire et secondaire (sections A à E de la classification NACE)<sup>5</sup>, la bioéconomie était responsable d'une part d'environ 25 % du revenu de la partie non tertiaire de l'économie de l'UE en 2020.** Les estimations en matière d'emploi sont tout aussi impressionnantes. **Pour 2020, le nombre estimé de personnes employées dans la bioéconomie de l'UE des 27 s'élève à 17,2 millions, ce qui représente une part de 40 % de l'emploi total hors services dans l'UE des 27<sup>6</sup>.** D'un État membre à l'autre, l'importance globale de la bioéconomie varie considérablement, reflétant les différences nationales en matière de structure économique. La part de la bioéconomie dans la valeur ajoutée nationale totale en 2020 varie de 0,8 % (Luxembourg) à 10,5 % (Lettonie) (voir la figure A1 en annexe). En général, on observe un net clivage ouest-est dans l'importance relative de la bioéconomie. Dans une large mesure, il s'agit d'un effet des divergences qui prévalent dans le rôle de l'agriculture. Ceci est évident lorsqu'on se concentre sur la partie industrielle de la production (part de l'industrie manufacturière biologique dans la valeur ajoutée industrielle totale). À cet égard, un large éventail de pays est également observé, mais il est beaucoup moins ciblé géographiquement (voir figure A1).

**Graphique 2: Valeur ajoutée de la bioéconomie de l'UE des 27 dans sa composition sectorielle**



Source : CCR (2024) ; illustration personnelle. Chimie biosourcée : Produits chimiques biosourcés (à l'exclusion des biocarburants), produits pharmaceutiques, plastiques et caoutchouc.

En ce qui concerne la composition sectorielle, l'agriculture et l'industrie alimentaire représentent toujours, à l'échelle de l'UE, les parties les plus importantes des chaînes de valeur de la bioéconomie (voir figure 2). Toutefois, les taux de croissance les plus élevés sur la période 2008-2019 sont observés pour l'énergie et la chimie biosourcées, tant en termes de valeur ajoutée (voir figure 2) que d'emploi. Alors que l'énergie d'origine biologique ne constitue encore, en termes absolus, qu'une part très mineure de la bioéconomie, la chimie d'origine biologique a contribué à une valeur ajoutée d'environ 74 milliards d'euros en 2019 et de 79 milliards d'euros en 2020. Ainsi, contrairement à d'autres segments de la bioéconomie, la chimie biosourcée n'a pas connu de contraction de la valeur ajoutée liée à la

<sup>5</sup> Eurostat (2024a). [Valeur ajoutée brute et revenus par ventilation des branches d'activité A\\*10](#). Base de données Eurostat.

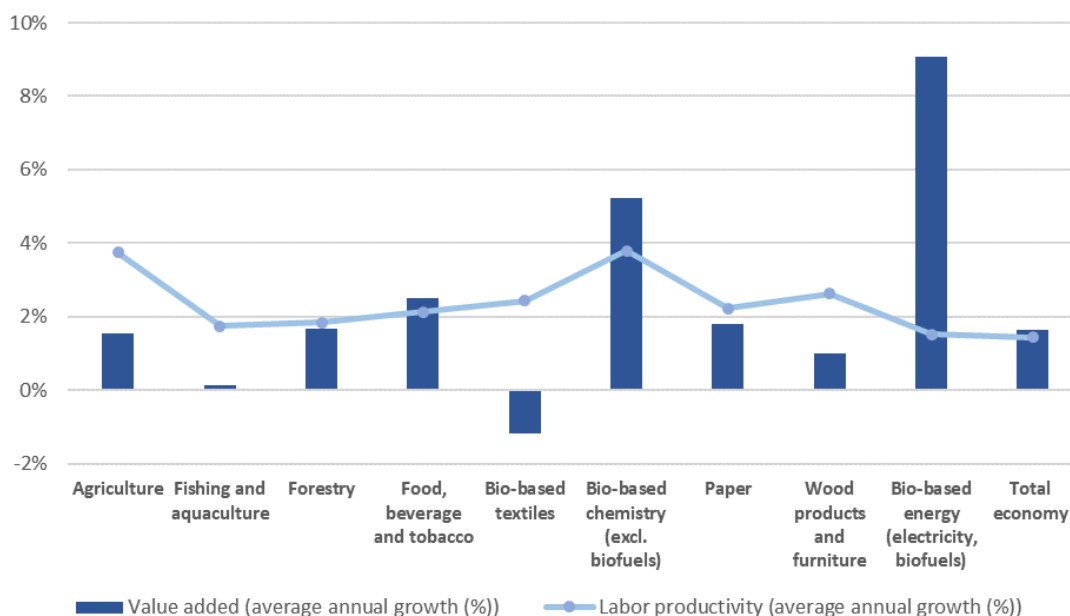
<sup>6</sup> Eurostat (2024b). [Emploi par ventilation des industries A\\*10](#). Base de données Eurostat.



pandémie de COVID-19 en 2020, probablement en raison de la demande accrue de produits pharmaceutiques biosourcés. Ces derniers ont contribué à eux seuls à hauteur de 65 milliards d'euros de valeur ajoutée en 2020, mais représentaient déjà dans les périodes précédentes la sous-partie de loin la plus importante de la chimie du végétal. En outre, la chimie du végétal s'est caractérisée par une croissance particulièrement forte de la productivité du travail au cours des dernières années, mais d'autres segments de la bioéconomie ont également obtenu de meilleurs résultats que l'économie de l'UE dans son ensemble (voir la figure 3).

Le rôle des services liés à la bioéconomie n'est pas pris en compte dans ces chiffres officiels. Ronzon et al. (2022) ont tenté de quantifier l'importance économique des services bioéconomiques de l'UE en attribuant des parts de produits biologiques à des sous-secteurs détaillés de la NACE (niveau à quatre chiffres) dans le segment des services<sup>7</sup>. Ils distinguent quatre groupes de services de la bioéconomie : les services associés aux biens biologiques tangibles (par exemple, le commerce, le transport), les services liés à l'environnement naturel (par exemple, l'hébergement), les services basés sur la connaissance (par exemple, la recherche et l'éducation), les services de soutien (par exemple, la publicité, l'administration publique). Ils ont estimé que la valeur ajoutée annuelle moyenne des services bioéconomiques de l'UE pour la période 2015-2017 se situait entre 589 et 1 607 milliards d'euros, en fonction de différentes hypothèses sur les parts de la production issue de la biotechnologie. En moyenne, le commerce et les services alimentaires ont été identifiés comme les sous-segments les plus importants des services de la bioéconomie.

**Graphique 3: Croissance de la valeur ajoutée et de la productivité du travail dans la bioéconomie de l'UE des 27 2008-2019**



Source : CCR (2024) ; calculs personnels : CCR (2024) ; calculs personnels. Chimie biosourcée : Produits chimiques biosourcés (à l'exclusion des biocarburants), produits pharmaceutiques, plastiques et caoutchouc.

<sup>7</sup> Ronzon, T., Iost, S. et Philippidis, G. (2022). Une mesure des services de la bioéconomie de l'UE basée sur les résultats : Marying statistics with policy insight. *Structural Change and Economic Dynamics*, 60, 290-301.

Le rôle de la bioéconomie de l'UE en tant que segment transversal implique également une interdépendance forte et diversifiée avec les secteurs non biologiques de l'économie de l'UE. Au moyen d'une analyse des entrées-sorties, Mainar et al. (2017) ont établi que la demande d'intrants par la bioéconomie de l'UE avait des effets multiplicateurs considérables<sup>8</sup>. Ils ont estimé qu'en 2010, pour chaque million d'euros dépensé en produits de la bioéconomie, 0,57 million d'euros de valeur ajoutée étaient générés par les chaînes de valeur de la bioéconomie. Environ 60 % de cet effet s'est produit en dehors des secteurs de transformation de la biomasse, en particulier dans les services aux entreprises, le commerce et les transports. La partie industrielle des chaînes de valeur a eu des répercussions positives particulièrement importantes. Cela démontre une fois de plus l'importance économique générale de la bioéconomie au-delà des chaînes d'approvisionnement alimentaire traditionnelles.

Dans une perspective dynamique, la bioéconomie peut devenir un moteur de l'innovation sociétale, avec le potentiel de produire des inventions révolutionnaires d'une grande importance intersectorielle. L'expérience de l'innovation en matière de vaccins lors des pandémies COVID-19 en est un exemple récent. Dès 2009, la Commission européenne a identifié dans une communication la « biotechnologie industrielle » comme l'un des cinq groupes de technologies clés génériques (KET) d'importance stratégique<sup>9</sup>. Ces technologies sont définies par la Commission sur la base d'un ensemble de caractéristiques liées aux intrants et aux extrants : forte intensité de R&D, besoin important de main-d'œuvre qualifiée et de capital, nature transversale (touche à diverses disciplines de recherche) et rôle de catalyseur de l'innovation en matière de processus, de produits et de services<sup>10</sup>. Sur la base de cette communication, un groupe de haut niveau sur les technologies clés génériques a été créé pour formuler des recommandations sur la poursuite du développement technologique. En 2018, il a redéfini l'ensemble des technologies clés génériques et réparti les technologies biologiques en deux groupes : les technologies des sciences de la vie (y compris les neurotechnologies, la bio-ingénierie, l'IA en biologie, la bioélectronique) et les matériaux avancés (y compris les biomatériaux)<sup>11</sup>. En outre, à l'issue d'un atelier organisé sous l'égide de l'UE et réunissant des représentants d'organismes de recherche et de technologie, il a été proposé de définir la « transformation biologique » comme l'un des cinq nouveaux domaines technologiques transversaux présentant un potentiel particulièrement élevé, comprenant la technologie génétique, les neurotechnologies, l'interaction homme-machine et l'agriculture intelligente<sup>12</sup>. Cela met en évidence la forte interconnexion des technologies biologiques avec les disciplines de recherche clés pour la transformation industrielle, en particulier l'informatique et l'ingénierie. D'autres informations sur les modèles d'innovation biotechnologique sont fournies à la section 3.

Outre son importance pour la croissance économique à long terme et l'innovation, la bioéconomie peut également contribuer à la réalisation d'autres objectifs stratégiques de l'UE. Il s'agit avant tout

---

<sup>8</sup> Mainar, A., Philippidis, G. et Sanjuán López, A. (2017). Analyse des modèles structurels dans les secteurs de la bioéconomie hautement désagrégés par les États membres de l'UE à l'aide de multiplicateurs SAM/IO (n° CCR106676). Centre commun de recherche (site de Séville).

<sup>9</sup> Commission européenne (2009). Préparer notre avenir : Développer une stratégie commune pour les technologies clés génériques dans l'UE. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2009) 512 final.

<sup>10</sup> Commission européenne (2012). Une stratégie européenne pour les technologies clés génériques - Un pont vers la croissance et l'emploi. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2012) 341 final.

<sup>11</sup> TUM Global (2021). [Key enabling technologies - key to enable Europe's future prosperity \(technologies clés habilitantes - clés pour la prospérité future de l'Europe\)](#). TUM Brussel Insights.

<sup>12</sup> Müller, J. et Potters, L. (2019). Les technologies du futur au service de la prospérité : analyse de l'horizon par les leaders technologiques européens. Commission européenne, Bruxelles.

d'assurer la sécurité de l'approvisionnement de l'UE dans le domaine des ressources de base. La bioéconomie nationale n'est pas seulement responsable du maintien de la sécurité de l'approvisionnement alimentaire de l'UE. **Elle peut également contribuer à l'objectif de mettre fin à la dépendance extérieure dans le domaine des ressources fossiles, en remplaçant le pétrole et le gaz naturel en tant que vecteurs énergétiques (production d'électricité à partir de la biomasse, biocarburants) et matières premières industrielles (biomasse pour les produits chimiques de base et les matières plastiques).** L'UE le reconnaît également. Par exemple, l'initiative *RePowerEU* formulée en réponse aux menaces d'approvisionnement causées par l'agression russe contre l'Ukraine comprend des objectifs concrets de capacité pour le biométhane domestique en tant qu'alternative polyvalente au gaz naturel<sup>13</sup>.

**Outre les considérations de sécurité, les produits de substitution d'origine biologique représentent à certains égards des solutions plus respectueuses de l'environnement que les produits d'origine fossile.** Bien que les performances écologiques des biocarburants<sup>14</sup> et des plastiques biosourcés<sup>15</sup> fassent l'objet d'un débat controversé et nécessitent des études approfondies spécifiques aux produits, un bilan plus favorable des gaz à effet de serre (GES) est un résultat typique des comparaisons du cycle de vie avec les variantes à base de produits fossiles<sup>16</sup>. L'absorption de CO<sub>2</sub> pendant la culture de la biomasse offre la possibilité d'un cycle de carbone fermé. Les émissions nettes de GES sont donc largement limitées à l'utilisation d'énergie fossile pour la production et le transport. En combinaison avec des processus de capture du carbone, les chaînes de produits biosourcés ont même le potentiel de devenir des technologies à émissions négatives<sup>17</sup>.

En outre, la bioéconomie peut contribuer à un autre objectif stratégique formulé ces dernières années, à savoir la création d'une économie circulaire dans l'UE. Tout d'abord, en proposant des produits biodégradables dans un environnement naturel et/ou compostables dans des installations de compostage industriel, elle ajoute de la variété à l'éventail des options disponibles pour le traitement en fin de vie. Cela est particulièrement utile pour les produits dont les coûts de collecte et de recyclage semblent trop élevés par rapport à la valeur du produit, par exemple pour les films de paillage<sup>18</sup>. Dans ces cas, la dégradation naturelle peut contribuer à éviter les déchets sauvages. Deuxièmement, en utilisant des solutions de matières premières innovantes telles que les résidus végétaux, le fumier ou les déchets alimentaires, la circularité des chaînes d'approvisionnement alimentaire existantes peut être directement augmentée et les problèmes de durabilité des chaînes d'approvisionnement biosourcées peuvent être surmontés (voir la sous-section 2.4). Cela permet de réduire l'utilisation des ressources dans l'agriculture et les effets sur l'environnement qui en résultent. En résumé, **la circularité est essentielle pour tirer parti de l'importance stratégique de la bioéconomie.** Elle renforce les avantages actuels des solutions fondées sur la biotechnologie en améliorant la productivité des ressources, en améliorant

<sup>13</sup> Commission européenne (2022a). *REPowerEU : une énergie abordable, sûre et durable pour l'Europe*. Communication COM(2022) 108 final.

<sup>14</sup> Elfasakhany, A. (2019). Les biocarburants dans l'automobile : avantages et inconvénients : une revue. *Current Alternative Energy*, 3(1), 1-7.

<sup>15</sup> Ferreira-Filipe, D. A., Paço, A., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T., & Patrício Silva, A. L. (2021). Are biobased plastics green alternatives ? - a critical review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 7729.

<sup>16</sup> Yates, M. R. et Barlow, C. Y. (2013). Life cycle assessments of biodegradable, commercial biopolymers-A critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, 54-66.

<sup>17</sup> Wolf, A. (2024). [Ouvrir la voie à un marché européen du carbone](#). cepInput No.1/2024.

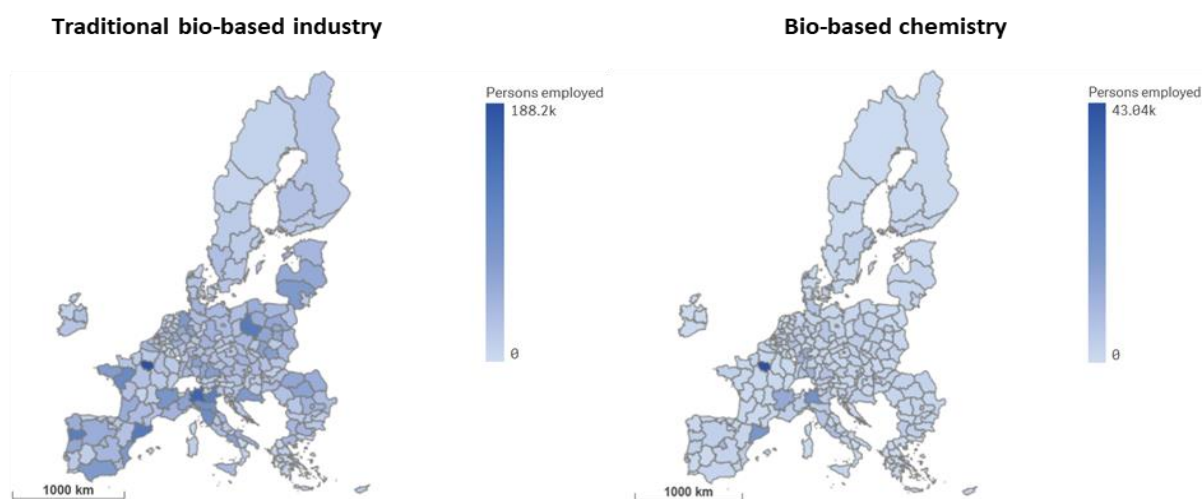
<sup>18</sup> Jandas, P. J., Mohanty, S. et Nayak, S. K. (2013). Sustainability, compostability, and specific microbial activity on agricultural mulch films prepared from poly (lactic acid). *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(50), 17714-17724.

encore le bilan des gaz à effet de serre et en réduisant la dépendance à l'égard des ressources fossiles.

### 2.3 Regroupement spatial

Alors que la production de biomasse dans le secteur primaire est étroitement liée à la répartition régionale des terres arables, les installations de transformation industrielle des ressources biologiques présentent un schéma de localisation plus complexe. En raison de la nature de l'industrie manufacturière biologique, qui est un segment transversal, il est difficile d'enregistrer statistiquement la répartition régionale de ces activités économiques. En 2023, le CCR a publié pour la première fois un ensemble de données pilotes contenant des estimations de la valeur ajoutée et de l'emploi dans la bioéconomie au niveau des régions NUTS-2 de l'UE<sup>19</sup>. Il se fonde sur une combinaison de comptes économiques régionaux et d'évaluations d'experts de la part de la production biosourcée au niveau sectoriel<sup>20, 21</sup>. La figure 4 présente des informations extraites de l'outil de cartographie sur la répartition de l'emploi dans les industries biologiques traditionnelles et la chimie biologique. Malgré l'effet de distorsion dû aux différences de taille des régions NUTS-2 entre les États membres, le schéma de base apparaît clairement. Des centres de production régionaux clairs peuvent être identifiés dans de nombreux États membres. Cela vaut en particulier pour les industries biologiques non traditionnelles, c'est-à-dire la chimie biologique dans son sens le plus large. Ce schéma est cohérent avec l'observation des tendances d'agglomération dans d'autres parties du monde, telles que les recherches approfondies sur les regroupements régionaux dans les industries biotechnologiques américaines.

**Graphique 4: Répartition régionale (NUTS-2) de l'emploi dans l'industrie manufacturière biosourcée 2020**



Source : Lasarte López et al. (2023). Industrie biosourcée traditionnelle : aliments, boissons et tabac ; textiles biosourcés ; produits du bois et meubles ; papier. Chimie biosourcée : produits chimiques biosourcés ; produits pharmaceutiques biosourcés ; plastiques et caoutchouc biosourcés.

<sup>19</sup> Lasarte López, J. van Leeuwen, M., Rossi, C., Walter, M., González Hermoso, H. (2023). BioRegEU. [Ensemble de données pilote pour les emplois et la valeur ajoutée dans la bioéconomie des régions de l'UE](#). Commission européenne, Centre commun de recherche (CCR).

<sup>20</sup> Lasarte Lopez, J., Ronzon, T., van Leeuwen, M., Rossi Cervi, W., & M'Barek, R. (2022). Estimation de l'emploi et de la valeur ajoutée dans la bioéconomie des régions de l'UE (No. JRC128984). Centre commun de recherche (CCR).

<sup>21</sup> Selon une communication personnelle avec le CCR, l'ensemble de données est encore en phase de validation. Il pourrait donc faire l'objet de révisions à l'avenir.

La littérature économique sur ce sujet aborde une variété de causes qui se recoupent mutuellement. Fondamentalement, on peut distinguer trois explications typiques des schémas d'agglomération. Les **externalités traditionnelles de Marshall-Arrow-Romer (MAR) se concentrent sur les rendements d'échelle à l'échelle de l'industrie comme explication**<sup>22</sup>. En s'installant à proximité d'autres entreprises du même secteur, une entreprise bénéficie d'économies d'échelle à l'échelle du secteur. Celles-ci comprennent la présence d'un grand nombre de fournisseurs de produits intermédiaires et la disponibilité d'un réservoir local de travailleurs suffisamment qualifiés. Cela réduit les risques d'inadéquation et les coûts de transaction pour l'entreprise. Un autre avantage très discuté est le potentiel de diffusion des connaissances interentreprises locales par le biais de la communication en face à face, en particulier dans le domaine des connaissances tacites et non codifiables<sup>23</sup>. Des recherches récentes suggèrent que les avantages fondamentaux du face-à-face ont survécu à l'ère numérique<sup>24</sup>. Prises ensemble, ces formes d'externalités expliquent pourquoi les industries à forte intensité de connaissances et de capital humain, telles que les industries biotechnologiques, sont fortement concentrées dans une région.

Les externalités de Jacob offrent une autre explication complémentaire de l'agglomération<sup>25</sup>. **Elles sont basées sur l'effet des rendements de la portée à l'échelle de l'économie**. En conséquence, les entreprises bénéficient d'une structure économique régionale diversifiée. Cela implique une plus grande variété d'intrants généraux (services professionnels, infrastructures, institutions), un accès plus facile aux solutions technologiques dans d'autres domaines et une base de demande plus stable. Étant donné la nature transversale des biotechnologies et de la production biologique, il s'agit d'un canal d'impact potentiellement très pertinent. Il est basé sur la notion de régions offrant un mélange diversifié d'institutions en tant qu'incubateur<sup>26</sup>.

Un troisième courant de la littérature sur les agglomérations, la nouvelle géographie économique (NEG), ne se réfère pas au rôle des externalités liées à l'espace, mais se concentre sur les structures de coûts et les interactions de marché comme raison de la concentration spatiale<sup>27</sup>. Dans cette littérature, l'agglomération n'est pas considérée uniquement d'un point de vue industriel, mais comme un processus de regroupement conjoint de producteurs et de consommateurs/travailleurs. Un facteur d'impact est l'existence de coûts fixes élevés dans la production. Les rendements d'échelle (internes) qui en découlent rendent attrayantes les implantations à proximité de grands marchés de vente. Le deuxième facteur d'impact est l'existence d'une préférence pour la variété des produits (« amour de la variété ») de la part des consommateurs/travailleurs. Un troisième facteur est le rôle joué par le coût du transport. Les modèles de base de la NEG montrent qu'une baisse des coûts de transport (par exemple suite au progrès technologique) peut déclencher un processus d'agglomération extrême, sous l'effet du renforcement mutuel des économies d'échelle et de l'amour de la variété<sup>28</sup>. Ce type d'explication semble également particulièrement adapté aux parties de la production biologique à forte intensité de capital

<sup>22</sup> Henderson, V. (1997). Externalities and industrial development (Externalités et développement industriel). *Journal of urban economics*, 42(3), 449-470.

<sup>23</sup> Van der Panne, G. (2004). Agglomeration externalities : Marshall versus Jacobs. *Journal of evolutionary economics*, 14, 593-604.

<sup>24</sup> Atkin, D., Chen, M. K. et Popov, A. (2022). The returns to face-to-face interactions : Knowledge spillovers in Silicon Valley (No. w30147). National Bureau of Economic Research.

<sup>25</sup> Voir Henderson (1997).

<sup>26</sup> Neffke, F., Henning, M., Boschma, R., Lundquist, K. J. et Olander, L. O. (2011). The dynamics of agglomeration externalities along the life cycle of industries. *Regional studies*, 45(1), 49-65.

<sup>27</sup> Krugman, P. (1998). Qu'y a-t-il de nouveau dans la nouvelle géographie économique ? *Oxford review of economic policy*, 14(2), 7-17.

<sup>28</sup> Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99, 483-99.

et de connaissances. Les coûts fixes des équipements et de la recherche et du développement (R&D) sont élevés. Dans le même temps, la transformation en aval se caractérise par un degré élevé de complexité/diversité dans les besoins en intrants.

**Dans l'ensemble, toutes les théories actuelles expliquent bien l'émergence et la stabilité des grappes spatiales d'industries biologiques.** Toutefois, elles n'expliquent pas où exactement dans l'espace ces grappes émergent et quelles impulsions sont nécessaires pour modifier les structures d'agglomération existantes. Il existe une abondante littérature empirique sur ce sujet, qui se concentre sur la situation de l'industrie biotechnologique américaine.

Une partie de la littérature examine le rôle des acteurs régionaux individuels qui donnent l'impulsion initiale au développement des structures de regroupement. Il peut s'agir d'entreprises bien établies qui utilisent pour la première fois une nouvelle technologie à l'échelle industrielle. Elles génèrent des externalités de connaissances (limitées dans l'espace) et renforcent la création d'entreprises régionales par le biais d'entreprises dérivées fondées par les employés. Dans le même temps, elles assurent la présence locale d'un pool de fournisseurs d'intrants spécialisés. Par conséquent, une grappe se développe autour de leur expertise spécialisée<sup>29</sup>. Une telle dépendance au sentier régional induite par les entreprises souligne le fait que les économies d'agglomération ne dépendent pas seulement de la taille globale de l'industrie, mais aussi de la distribution des tailles individuelles des entreprises.

**Un autre point d'ancrage examiné est la présence régionale de ce que l'on appelle les « scientifiques vedettes ».** Il s'agit de scientifiques qui sont en possession exclusive de connaissances révolutionnaires (qui peuvent en partie être non codifiables) et qui sont liés à de solides réseaux personnels, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du monde universitaire<sup>30</sup>. Ils peuvent être à l'origine d'une création d'entreprise régionale réussie pour l'exploitation commerciale de leurs propres connaissances. Leur réputation est avantageuse lorsqu'ils cherchent à accéder aux capitaux et aux travailleurs qualifiés. Ils peuvent également améliorer les performances des entreprises régionales de biotechnologie en place. Zucker et al. (2002) montrent que la coopération en matière de recherche (mesurée en articles de recherche) entre les scientifiques de l'entreprise et les scientifiques vedettes externes entraîne une augmentation significative du nombre et du taux de citation des brevets de l'entreprise. La proximité physique facilite l'établissement de tels contacts de recherche<sup>31</sup>.

**Le rôle du capital humain local en général, au-delà des starters scientifiques individuels, fait également l'objet d'un débat intense. Il a plusieurs fonctions.** Tout d'abord, il sert à pourvoir les postes hautement qualifiés dans la recherche locale, la fabrication et les services commerciaux liés à l'industrie<sup>32</sup>. Dans le segment des biotechnologies à forte intensité de connaissances, le niveau de qualification de la main-d'œuvre locale joue naturellement un rôle particulièrement important. Deuxièmement, il représente la source des futures start-ups régionales pour la commercialisation des innovations que les activités locales des institutions de recherche ont générées. La recherche

<sup>29</sup> Feldman, M. (2003). The locational dynamics of the US biotech industry : knowledge externalities and the anchor hypothesis. *Industry and innovation*, 10(3), 311-329.

<sup>30</sup> Zucker, L. G. et Darby, M. R. (1996). Star scientists and institutional transformation : Patterns of invention and innovation in the formation of the biotechnology industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(23), 12709-12716.

<sup>31</sup> Zucker, L. G., Darby, M. R. et Armstrong, J. S. (2002). Commercializing knowledge : University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management science*, 48(1), 138-153.

<sup>32</sup> Fritsch, M. (2005). Les systèmes régionaux d'innovation sont-ils importants ? *The New Economy in Transatlantic Perspective-Spaces of Innovation*, Abingdon : Routledge, 187-203.



empirique souligne l'importance particulière des entrepreneurs universitaires basés dans la région pour la dynamique des start-ups régionales<sup>33</sup>.

Un autre volet de la littérature se concentre sur l'accès au capital financier en tant que facteur d'implantation. Son importance est particulièrement soulignée pour les jeunes entreprises de biotechnologie. En règle générale, des sommes importantes doivent être consacrées à la R&D pendant de nombreuses années avant que la montée en puissance ne permette de générer des bénéfices<sup>34</sup>. Au départ, il est difficile d'évaluer si les produits réussiront à s'imposer sur le marché. Les taux de réussite ont tendance à être faibles. **Les investissements dans les jeunes entreprises de biotechnologie sont donc des investissements à haut risque qui requièrent une connaissance approfondie des technologies et de la structure de l'industrie de la part des investisseurs externes, ce qui nécessite des sociétés de capital-risque spécialisées.** Ces faits soulignent le rôle bénéfique des réseaux locaux de diffusion des connaissances entre les fondateurs, les investisseurs en capital-risque et les producteurs établis. Grâce aux retombées régionales de la connaissance tacite de l'industrie, les investisseurs potentiels peuvent mieux évaluer les chances de succès. Ils sont ainsi plus enclins à investir. Les fondateurs peuvent bénéficier des investisseurs locaux non seulement grâce au capital qu'ils fournissent, mais aussi en exploitant leurs contacts personnels (par exemple avec les banques d'investissement et les clients potentiels) et leur connaissance de l'industrie locale<sup>35</sup>. Cela signifie que l'accès au capital-risque a également une dimension spatiale qui favorise la proximité géographique. En effet, la recherche empirique arrive à la conclusion que la croissance du nombre d'employés et du chiffre d'affaires des jeunes entreprises est plus importante lorsqu'elles sont situées à proximité de sociétés de capital-risque<sup>36</sup>. Les financements locaux de capital-risque se concentrent également beaucoup plus sur les entreprises en phase de démarrage que les financements transrégionaux<sup>37</sup>.

Le rôle de l'infrastructure publique en tant que facteur d'implantation fait également l'objet de recherches. **Outre l'importance générale de l'infrastructure de base interprofessionnelle (réseaux de transport et de communication, accès à l'énergie et aux équipements), l'importance de l'infrastructure publique de la connaissance est particulièrement élevée pour le segment de la biotechnologie.** Les universités locales et les instituts de recherche publics spécialisés dans la biotechnologie ne fournissent pas seulement une part importante du réservoir de travailleurs potentiels hautement qualifiés pour l'industrie, mais contribuent aussi directement au dynamisme entrepreneurial de la région grâce aux retombées universitaires, par exemple pour l'exploitation des brevets universitaires. Les entreprises dérivées des universités ont joué un rôle crucial dans la naissance et le développement précoce de l'industrie biotechnologique américaine<sup>38</sup>. Ces entreprises sont souvent fondées à proximité de l'institution universitaire d'origine, notamment pour maintenir le flux informel de connaissances. Les universités axées sur la recherche revêtent une importance particulière<sup>39</sup>.

<sup>33</sup> Kolympiris, C., Kalaitzandonakes, N. et Miller, D. (2015). Location choice of academic entrepreneurs : Evidence from the US biotechnology industry. *Journal of Business Venturing*, 30(2), 227-254.

<sup>34</sup> Lerner, J. (2000). The government as venture capitalist : the long-run impact of the SBIR program. *The Journal of Private Equity*, 55-78.

<sup>35</sup> Powell, W. W., Koput, K. W., Bowie, J. I. et Smith-Doerr, L. (2002). The spatial clustering of science and capital : Accounting for biotech firm-venture capital relationships. *Regional Studies*, 36(3), 291-305.

<sup>36</sup> Voir Lerner (2000).

<sup>37</sup> Voir Powell et al. (2002).

<sup>38</sup> Prevezer, M. (1997). The dynamics of industrial clustering in biotechnology. *Small business economics*, 9, 255-271.

<sup>39</sup> Owen-Smith, J. et Powell, W. W. (2004). Knowledge networks as channels and conduits : The effects of spillovers in the Boston biotechnology community. *Organization science*, 15(1), 5-21.

**Enfin, il ne faut pas négliger l'importance des institutions sociales en tant que facteurs intangibles de localisation régionale.** Cela concerne tout d'abord le domaine de l'administration publique, par exemple le niveau des taxes et impôts locaux, le degré de rigueur dans l'application des réglementations en matière de protection de l'environnement et la durée des procédures d'autorisation. La recherche montre que, outre la qualité de la réglementation industrielle, la stabilité de la réglementation a également une valeur positive en soi<sup>40</sup>. L'établissement de règles claires et fiables offre une sécurité de planification pour les investissements à long terme ainsi qu'une orientation politique pour le développement technologique futur. Deuxièmement, il s'agit de l'existence de réseaux privés (formels et informels) pour l'échange de connaissances. Ils créent la confiance grâce à des relations personnelles stables et fournissent ainsi la base d'un échange mutuel et continu de connaissances en tant que moteur de la capacité d'innovation régionale (voir ci-dessus)<sup>41</sup>. En outre, les réseaux liés aux loisirs améliorent la qualité de vie des employés et contribuent ainsi à l'attractivité des employeurs locaux.

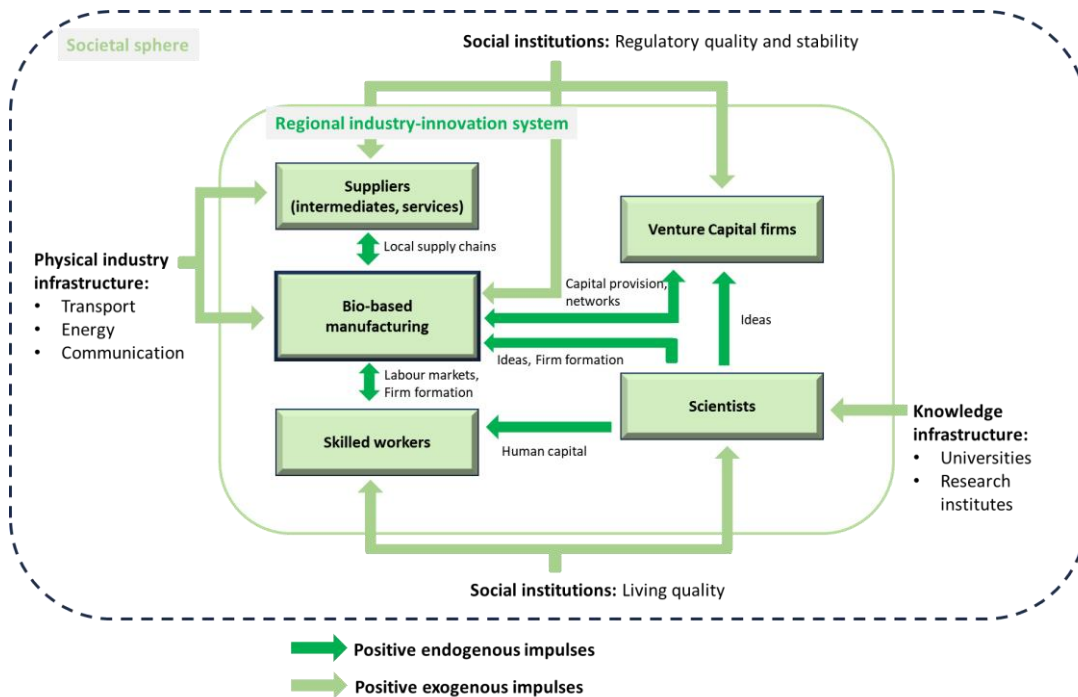
En résumé, **l'émergence des groupements biotechnologiques se présente comme une interaction d'effets de rétroaction positifs, dans laquelle la génération persistante de nouvelles connaissances scientifiques et leur capitalisation par le biais d'un esprit d'entreprise favorable au risque et d'un capital-risque externe sont les principales forces motrices.** La figure 5 tente de résumer les principales interconnexions mises en évidence par la littérature. En théorie, les recettes politiques pour construire une bioéconomie régionale vitale sont donc simples : les décideurs politiques locaux doivent fournir une infrastructure de haute technologie axée sur la science et minimiser les obstacles administratifs à l'investissement. Dans la pratique, cependant, la dépendance à l'égard du développement rend difficile une mise en œuvre réussie. Pour créer de nouvelles grappes (ou pour surmonter les limites de croissance des grappes existantes), le capital financier et le savoir incorporé (scientifiques, superviseurs, gestionnaires) liés à des structures établies ailleurs doivent être enclins à se délocaliser. Ce phénomène est aggravé par les forces d'attraction mutuelles : une forte impulsion est nécessaire pour détacher des éléments individuels d'un réseau de grappes fonctionnel. Une telle impulsion exige que les décideurs politiques se concentrent clairement sur l'élimination des obstacles au développement existants.

<sup>40</sup> Sable, M. S. (2007). An analysis of the role of government in the locational decisions of Cambridge biotechnology firms (Thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology).

<sup>41</sup> Kim, M. K., Harris, T. R. et Vusovic, S. (2009). Efficiency Analysis of the US Biotechnology Industry : Clustering Enhances Productivity. *AgBioForum*, 12(3&4), 422-436.



**Graphique 5: Interaction des forces d'agglomération dans les industries biotechnologiques**



Source : illustration personnelle

## 2.4 Obstacles à la croissance

La diversité des étapes complexes du processus d'extraction et de traitement d'une matière première biologique rend les modèles d'entreprise très vulnérables aux facteurs externes. Cela concerne au moins quatre dimensions interdépendantes : l'économie, l'environnement, la société et la technologie. À cet égard, il est possible d'identifier quatre principaux obstacles à la croissance communs à de nombreuses chaînes d'approvisionnement actuelles.

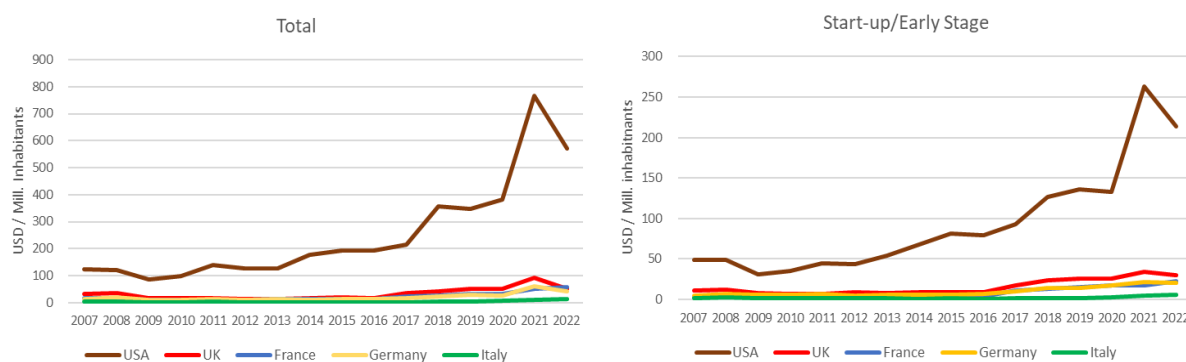
### 1. Manque de culture du capital-risque

La grande complexité technologique et l'incertitude de la demande entraînent l'émergence d'une « vallée de la mort » dans l'application des innovations biotechnologiques, en particulier pour l'étape entre la preuve de principe et la mise à l'échelle industrielle<sup>42</sup>. **L'accès au capital-risque privé est une force motrice cruciale pour une commercialisation réussie, comme le souligne la littérature sur les agglomérations spatiales** (voir la sous-section 2.3). Au lieu de se développer lentement et péniblement sur la base de ses propres ressources, une entreprise peut accélérer sa phase de croissance en bénéficiant de l'effet de levier d'investisseurs expérimentés qui, en outre, fournissent souvent des connaissances et des contacts précieux dans le secteur. Ce rôle clé des investisseurs en capital-risque en tant que moteur de croissance des industries innovantes est largement sous-utilisé en Europe. Par exemple, le nombre d'opérations de capital-risque conclues en Allemagne et en France au cours de la période 2019-2021 dans le domaine des biotechnologies était bien inférieur aux chiffres rapportés pour les

<sup>42</sup> Kampers, L. F., Asin-Garcia, E., Schaap, P. J., Wagemakers, A., & Dos Santos, V. A. M. (2021). From innovation to application : bridging the valley of death in industrial biotechnology (De l'innovation à l'application : combler la vallée de la mort dans la biotechnologie industrielle). Trends in Biotechnology, 39(12), 1240-1242.

États-Unis<sup>43</sup>. Alors que dans le segment des biomatériaux industriels, seuls trois accords de capital-risque ont été signalés pour l'Allemagne et cinq pour la France, 68 ont été signalés pour les États-Unis. Dans le segment des produits pharmaceutiques, ces écarts fondamentaux sont d'une ampleur similaire. En termes de montants d'investissement, l'écart est encore plus important. Malgré sa grande importance pour le Green Deal de l'UE, par exemple, seuls 29 millions d'euros de capital-risque ont été investis dans le segment des biomatériaux en 2019-2021, contre 99 millions d'euros en France et 1,56 milliard d'euros aux États-Unis<sup>44</sup>. Il ne s'agit pas d'une particularité des investissements dans les biotechnologies. Les chiffres de l'OCDE sur les investissements en capital-risque à l'échelle de l'économie<sup>45</sup> indiquent plutôt qu'il s'agit d'un signe d'un écart général dans la culture du capital-risque entre les deux côtés de l'Atlantique (voir figure 6). Au cours des quinze dernières années, les investissements annuels en capital-risque par habitant aux États-Unis ont atteint une ampleur totalement différente de celle des principales économies européennes. Ces dernières années, l'écart s'est même creusé. Cela s'applique à la fois aux investissements totaux et au capital-risque spécifiquement destiné à la phase de démarrage.

**Graphique 6: Investissements annuels en capital-risque par million d'habitants en comparaison avec d'autres pays**



Source : OCDE (2024) ; Banque mondiale (2024), calculs propres : OCDE (2024) ; Banque mondiale (2024), calculs personnels.

## 2. Pénurie de main-d'œuvre qualifiée

La forte intensité de connaissances et les cycles d'innovation courts dans le secteur de la biotechnologie impliquent également une forte demande de travailleurs hautement qualifiés disposant d'une expertise distincte dans diverses sciences naturelles ainsi qu'en ingénierie. Ce segment est donc particulièrement touché par le durcissement de la concurrence pour les travailleurs formés dans le domaine des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM). **Dans son analyse annuelle de l'offre et de la demande de main-d'œuvre dans différentes professions, l'Autorité européenne du travail (ELA) a diagnostiqué une prédominance des classifications liées aux STIM dans le groupe des professions souffrant d'une pénurie généralisée<sup>46</sup>.** Par exemple, 15 États membres de l'UE ont identifié les professions de programmeurs d'applications et de développeurs de logiciels comme des professions souffrant de pénuries. Dans le cas des développeurs de logiciels, sept États

<sup>43</sup> KfW Research (2022). Capital-risque : Marktchancen in Zukunftstechnologien. Nr. 392/2022.

<sup>44</sup> Voir KfW Research (2022).

<sup>45</sup> OCDE (2024a). [Statistiques sur les entreprises - Investissements en capital-risque](#). OCDE.STAT. Organisation de coopération et de développement économiques, Paris.

<sup>46</sup> ELA (2022). Rapport EURES sur les pénuries et les excédents de main-d'œuvre 2022. Autorité européenne du travail.

membres ont même fait état d'une grave pénurie. En particulier, les segments de la bioéconomie qui requièrent des compétences hautement spécialisées, tels que la médecine génétique<sup>47</sup>, sont exposés à un risque élevé d'inadéquation des compétences, ce qui entraîne d'importantes incertitudes en matière de planification et la nécessité d'investir massivement et continuellement dans le recrutement actif. L'évolution démographique générale, qui touche les États membres à des degrés divers, menace d'aggraver à long terme la pénurie de jeunes scientifiques talentueux pour la recherche industrielle et, partant, l'afflux d'idées nouvelles dans les industries européennes fondées sur la biotechnologie. Dans le même temps, l'Europe est confrontée à une forte concurrence dans le recrutement mondial de professionnels spécialisés et doit surtout rivaliser avec l'attrait financier élevé de l'industrie biotechnologique américaine.

### 3. Hétérogénéité des propriétés des produits

Les produits de l'industrie biosourcée présentent des propriétés techniques très spécifiques, non seulement d'un segment à l'autre de la bioéconomie, mais aussi à l'intérieur d'un même segment. Il s'agit avant tout de produits chimiques tels que les biocarburants et les plastiques biosourcés. Cette hétérogénéité a une incidence sur les principales propriétés d'utilisation. Dans le cas des plastiques biosourcés, par exemple, il s'agit de facteurs tels que la résistance des matériaux, la durabilité et la sensibilité à la température, qui sont en partie influencés par l'utilisation de certains additifs. Si la diversité technique est un avantage qui permet aux produits biosourcés de convenir à un large éventail d'applications, elle impose à l'utilisateur des exigences élevées en matière d'information. L'hétérogénéité s'étend également aux impacts environnementaux. Par exemple, les options disponibles pour le traitement en fin de vie diffèrent considérablement selon les matériaux plastiques biosourcés. Cela commence par le fait que tous les plastiques biosourcés ne sont pas biodégradables. Ceux qui le sont diffèrent considérablement en ce qui concerne l'horizon temporel et les exigences environnementales d'un processus de dégradation naturelle<sup>48</sup>. La biodégradabilité, à son tour, ne garantit pas la compostabilité des produits dans une installation de compostage industriel. La capacité à récupérer les déchets bioplastiques par le biais du recyclage mécanique ou chimique est également très spécifique aux matériaux et nécessite parfois des processus spécifiques distincts de ceux des plastiques conventionnels. **En résumé, cela crée une incertitude considérable quant à la durabilité réelle des solutions biosourcées dans la perspective du cycle de vie.** Les enquêtes montrent que cette incertitude peut contribuer à susciter la réserve des consommateurs à l'égard des produits biosourcés<sup>49</sup>. Des ressources importantes sont alors nécessaires pour les campagnes d'information et l'étiquetage.

### 4. Limites écologiques

Outre l'industrie alimentaire, une partie intégrante de la bioéconomie restante repose sur l'utilisation de plantes cultivées comme matières premières biologiques. Si l'utilisation totale actuelle des terres pour les plantes servant de matières premières n'est pas un sujet préoccupant, elle pose néanmoins des limites à long terme à la diffusion des solutions fondées sur la biotechnologie. Les différents types d'émissions de polluants et de nutriments produites par l'agriculture (par exemple, par l'utilisation

<sup>47</sup> Chakraverty, A. (2021). [Skilled Labor Shortages Impact Cell And Gene Therapy Manufacturing](#). Labiotech.

<sup>48</sup> Folino, A., Pangallo, D. et Calabrò, P. S. (2023). Évaluation de la biodégradabilité des bioplastiques par des méthodes standard et de recherche : tendances actuelles et questions ouvertes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 109424.

<sup>49</sup> Fletcher, C. A. (2022). Is the consumer experience creating barriers for the effective uptake and disposal of bioplastics? *Clean Technologies and Recycling*, 2(4), 308-320.

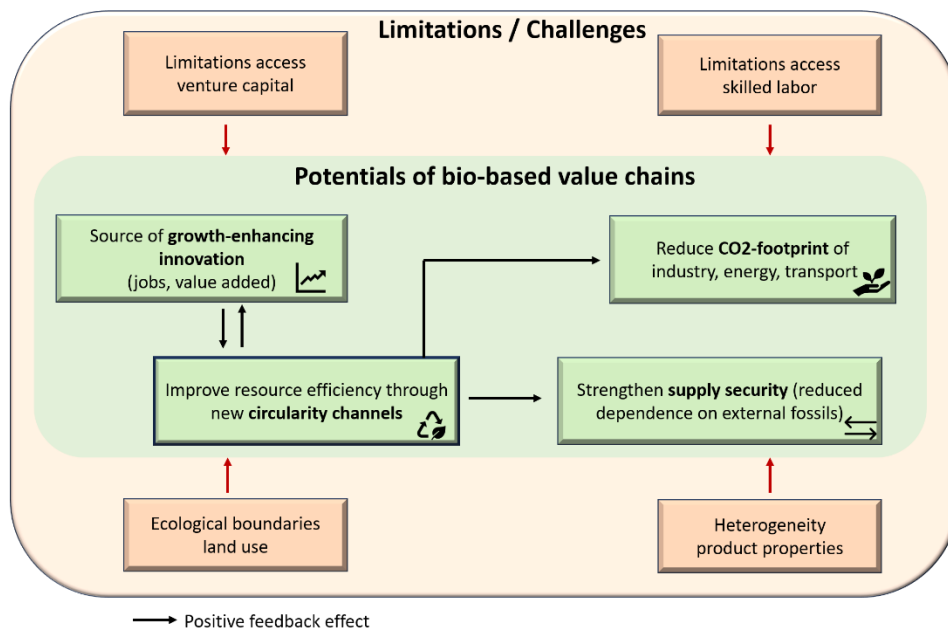
d'engrais synthétiques et de machines agricoles) pèsent sur les écosystèmes locaux et mettent en danger la biodiversité en contribuant, par exemple, à l'acidification des sols et à l'eutrophisation. Par conséquent, les produits à base de plantes alimentaires tels que les bioplastiques commerciaux actuels présentent généralement des performances mitigées dans les évaluations du cycle de vie environnemental (ELCA). Ils sont nettement plus performants que leurs homologues d'origine fossile en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre et l'utilisation des ressources fossiles, mais moins performants dans certaines catégories de dommages environnementaux locaux. En outre, les effets environnementaux négatifs de la préparation des terres peuvent également survenir dans les cas où aucune conversion directe des terres n'a été nécessaire. Le compromis avec la production alimentaire implique que la culture de plantes pour l'utilisation de matières premières industrielles peut provoquer la déforestation dans d'autres zones, afin de fournir des surfaces alternatives pour la production alimentaire. L'identification des conséquences environnementales de ce changement indirect d'utilisation des terres fait l'objet d'un débat méthodologique intense dans la littérature de l'ELCA<sup>50</sup>. Une recommandation générale est que, bien que difficiles à mesurer, les estimations de ces effets ne devraient pas être balayées sous le tapis dans le cadre d'un ELCA cohérent. **Dans ce contexte, le passage à moyen terme à des matières premières de deuxième génération (par exemple, les tiges de maïs, la bagasse de canne à sucre) et de troisième génération (par exemple, les déchets alimentaires, les microalgues) sera inévitable pour surmonter les obstacles à la croissance liés aux ressources.** Elles sont basées sur des résidus, des déchets ou des organismes non agricoles et n'entrent donc pas en concurrence avec la production alimentaire. Par ailleurs, les ELCA tendent à diagnostiquer des effets secondaires écologiques nettement moins importants au stade de l'extraction des matières premières<sup>51</sup>. Toutefois, bien qu'un large éventail de solutions de ce type ait été mis au point et testé, la mise à l'échelle commerciale, qui est une condition préalable à la réduction des coûts, est encore peu répandue. Par conséquent, les besoins élevés en intrants dans la transformation industrielle tendent à limiter la compétitivité des prix et à détériorer les performances environnementales des solutions innovantes en matière de matières premières<sup>52</sup>.

<sup>50</sup> Brandão, M., Heijungs, R. et Cowie, A. R. (2022). On quantifying sources of uncertainty in the carbon footprint of biofuels : crop/feedstock, LCA modelling approach, land-use change, and GHG metrics. *Biofuel Research Journal*, 9(2), 1608-1616.

<sup>51</sup> Wellenreuther, C., Wolf, A. (2020). Innovative feedstocks in biodegradable bio-based plastics : a literature review (Matières premières innovantes dans les plastiques biodégradables d'origine biologique : une revue de la littérature). Document de recherche HWWI 194.

<sup>52</sup> Wellenreuther, C., Wolf, A. et Zander, N. (2022). Cost competitiveness of sustainable bioplastic feedstocks-A Monte Carlo analysis for polylactic acid. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100411.

Graphique 7: Vue d'ensemble des potentiels et des défis des chaînes de valeur biosourcées



Source : illustration personnelle.

### 3 Dynamique de l'innovation dans la bioéconomie

#### 3.1 Catégories de biotechnologies

Une définition largement consultée par l'OCDE décrit la biotechnologie comme « l'application de la science et de la technologie aux organismes vivants, ainsi qu'à leurs parties, produits et modèles, pour modifier les matériaux vivants ou non vivants en vue de la production de connaissances, de biens et de services »<sup>53</sup>. Cette définition est délibérément très large. Elle comprend non seulement toutes les technologies liées à l'utilisation physique de la biomasse. Elle inclut également les technologies d'analyse (par exemple, la construction de séquences de gènes en bio-informatique). Outre les technologies de laboratoire de pointe au niveau de la cellule ou de la molécule, toutes les technologies traditionnelles de production biologique sont couvertes. Selon cette définition, l'utilisation des biotechnologies par l'humanité peut être datée au moins jusqu'à l'émergence de l'agriculture dans la révolution néolithique. Selon un point de vue commun, l'origine de la vague de biotechnologies moléculaires commerciales modernes peut être datée des années 1970, lorsqu'une série de brevets sur des techniques de déplacement de gènes entre organismes a été déposée aux États-Unis<sup>54</sup>. Un arrêt de la Cour suprême des États-Unis en 1980, qui a déclaré que les micro-organismes génétiquement modifiés étaient brevetables, a ensuite donné l'impulsion à une vague d'activités de brevetage dans le domaine de la microbiologie<sup>55</sup>.

<sup>53</sup> OCDE (2013). La biotechnologie. In : OCDE Factbook 2013 : Statistiques économiques, environnementales et sociales. Organisation de coopération et de développement économiques, Paris.

<sup>54</sup> Voir Feldman (2003).

<sup>55</sup> Cour suprême des États-Unis (1980). Diamond v. Chakrabarty, 447 U.S. 303 (1980). N° 79-136. Cour suprême des États-Unis.

Pour clarifier la discussion sur la variété des solutions biotechnologiques, il est devenu courant de différencier les classes de technologies en fonction de la couleur. Il n'existe pas de code couleur généralement accepté, mais certaines significations ont été établies pour les couleurs individuelles. Le tableau 1 présente la classification fréquemment utilisée par Kafarski (2012)<sup>56</sup>. Trois classes sont au centre de l'attention : les biotechnologies vertes, rouges et blanches. Les biotechnologies vertes sont associées à la plus grande controverse politique et juridique, notamment en ce qui concerne la modification génétique des cultures vivrières. Les biotechnologies rouges ont fait l'objet d'une attention particulière ces dernières années, notamment dans le contexte de l'essor massif du développement de vaccins à ARN messager (ARNm) au début de la pandémie de COVID-19. Les biotechnologies blanches sont déjà en cours de développement depuis plusieurs décennies. Leur potentiel spécifique réside dans la possibilité de remplacer les ressources fossiles comme matières premières industrielles. Les biotechnologies jaunes peuvent être considérées comme une branche traditionnelle des biotechnologies. Toutefois, elles font également appel à des techniques de pointe, par exemple l'utilisation de microorganismes fonctionnels pour améliorer la qualité des aliments ou la mise en place de systèmes de bioconversion innovants pour le recyclage des déchets alimentaires. En outre, les biotechnologies dorées et violettes ont établi d'importants segments transversaux qui offrent des services essentiels à tous les autres domaines des biotechnologies et comblent le fossé avec des disciplines telles que l'informatique, le droit et les sciences sociales. **Une caractéristique commune à toutes ces catégories de biotechnologies est leur forte dépendance à l'égard de la recherche fondamentale et de la dynamique des découvertes fondamentales**<sup>57</sup>.

**Tableau 1: Classes de couleurs des biotechnologies**

Couleur	Description de la classe	Exemples
<b>Vert</b>	Applications dans l'agriculture	Culture de cellules végétales, génie végétal moléculaire
<b>Rouge</b>	Applications dans le domaine pharmaceutique	Vaccins, Hormonothérapie
<b>Blanc</b>	Applications dans l'industrie manufacturière (non alimentaire)	Polymères biosourcés, Biocarburants
<b>Jaune</b>	Applications dans l'industrie alimentaire	Brassage, Recyclage des déchets alimentaires
<b>Bleu</b>	Applications dans le domaine de la pêche et de l'aquaculture	Modification génétique des poissons, utilisation de microalgues
<b>Marron</b>	Applications dans la gestion des déserts	Cultures dans les déserts, Gestion de l'eau
<b>L'or</b>	Traitement des données biologiques	Solutions logicielles, pratiques de laboratoire
<b>Violet</b>	Discussion des questions juridiques et éthiques	Philosophie de la biotechnologie, Services juridiques spécialisés

Source : Kafarski (2012) ; représentation propre : Kafarski (2012) ; représentation propre.

<sup>56</sup> Kafarski, P. (2012). Le code arc-en-ciel de la biotechnologie. *Chemik* 66(8) : 811-816.

<sup>57</sup> NAS (2020). Sauvegarder la bioéconomie. Académies nationales des sciences, de l'ingénierie et de la médecine. National Academies Press.

### 3.2 Comparaison des activités à l'échelle mondiale

Toute tentative de comparaison du succès de l'innovation se heurte à des difficultés de mesure immédiates. Cela est dû en partie à l'ambiguïté du terme « innovation ». Au sens général du terme, l'innovation peut désigner une nouvelle idée, sa concrétisation sous la forme d'une conception ou d'un produit, ou le processus de développement de nouvelles idées, de nouvelles conceptions ou de nouveaux produits. Dans le contexte économique, l'innovation est généralement comprise comme le lancement sur le marché de nouveaux produits ou processus qui diffèrent des produits ou processus existants par des caractéristiques pertinentes. Elle s'appuie donc sur des travaux de recherche et de développement préalables. D'une manière générale, l'innovation peut donc être décrite comme un processus de découverte cumulative en plusieurs étapes : les chercheurs découvrent de nouveaux mécanismes grâce à la recherche fondamentale, qui sont repris par le développement de produits, testés, pilotés et enfin commercialisés sur les marchés. Le succès de l'innovation dépend donc de toute une série d'acteurs dont les intérêts ne sont pas toujours homogènes. Les niveaux de maturité technologique (TRL) sont un moyen courant de caractériser les étapes des processus d'innovation. L'échelle officielle des TRL a été développée par la NASA et adoptée par l'UE pour le programme-cadre Horizon 2020. Elle comprend neuf niveaux, du développement du concept à la préparation commerciale<sup>58</sup>.

D'un point de vue économique, il est logique de commencer à mesurer l'innovation au moment où la perspective de commercialisation des inventions 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<sup>59</sup>. Elles ne fournissent pas d'informations sur le succès commercial ultérieur des inventions brevetées et sur leur impact sociétal général. Elles ne constituent pas non plus une mesure parfaite de l'innovation au stade du développement, car de nombreux types d'inventions ne sont pas brevetables pour des raisons techniques ou juridiques. Dans le domaine des biotechnologies, l'interdiction par l'UE de breveter des variétés végétales et animales particulières peut être mentionnée<sup>60</sup>. Néanmoins, les principaux avantages sont le degré élevé d'harmonisation internationale et le niveau élevé de détail technologique dans les statistiques sur les brevets. Le système de classification internationale des brevets (CIB) permet une subdivision extrêmement fine en fonction des domaines technologiques<sup>61</sup>. Une délimitation des biotechnologies est donc beaucoup plus précise que sur la base des statistiques de production (voir sous-section 2.2). 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 la comparaison internationale des activités d'innovation dans le domaine de la biotechnologie, nous utilisons les données de PATSTAT, la base de données statistique mondiale sur les brevets de l'Office européen des brevets (OEB)<sup>62</sup>. 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 d'innovation. Pour la définition des biotechnologies, nous appliquons la liste de l'OCDE des classes IPC de biotechnologie selon la mise à jour de

<sup>58</sup> NASA (2024). [Niveaux de préparation technologique](#). Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace.

<sup>59</sup> Wydra, S. (2020). Mesurer l'innovation dans la bioéconomie - Discussion conceptuelle et expériences empiriques. *Technology in Society*, 61, 101242.

<sup>60</sup> Union européenne (1998). Directive 98/44/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 1998 relative à la protection juridique des inventions biotechnologiques.

<sup>61</sup> OMPI (2024) : [Classification internationale des brevets \(CIB\)](#). Organisation mondiale de la propriété intellectuelle.

<sup>62</sup> EPO (2024). [PATSTAT - Ensemble de données de base pour l'analyse statistique](#). Office européen des brevets.



2016<sup>63</sup>. Pour toutes les classes contenues dans cette liste, des données sur tous les brevets enregistrés au cours de la période 2000-2022 ont été extraites par le biais de requêtes de recherche dans PATSTAT. Les données collectées pour chaque brevet comprennent l'appartenance à la classe technologique spécifique, la famille de brevets et le nombre de citations par d'autres documents de brevets. L'ensemble de données généré a une taille totale de 282 817 observations. Dans l'étape suivante, il a été fusionné avec les données de la base REGPAT de l'OCDE<sup>64</sup>. 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 demandeurs, 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 brevets est un indicateur courant pour quantifier l'activité en matière de brevets. Toutefois, il y a des signes de ruptures structurelles dans les brevets biotechnologiques au fil du temps. Une phase de forte activité mondiale en matière de brevets au début des années 2000 s'est terminée en 2005 par une chute importante et de nombreuses années de stagnation. Pour la période postérieure à 2020, la version actuelle de REGPAT montre également des signes de lacunes dans la couverture. Pour les analyses suivantes, nous limitons donc notre attention à la période 2005-2020. Pour une comparaison par pays, nous devons tenir compte du fait que plusieurs personnes sont souvent enregistrées comme inventeurs dans un brevet, et qu'elles peuvent se trouver dans différents pays. Comme c'est souvent le cas dans la littérature, nous en tenons compte en appliquant des parts d'inventeurs homogènes comme pondérations. 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 totale d'innovation biotechnologique d'un pays comme la somme des parts des inventeurs résidant dans le pays concerné (« nombre d'inventeurs »).

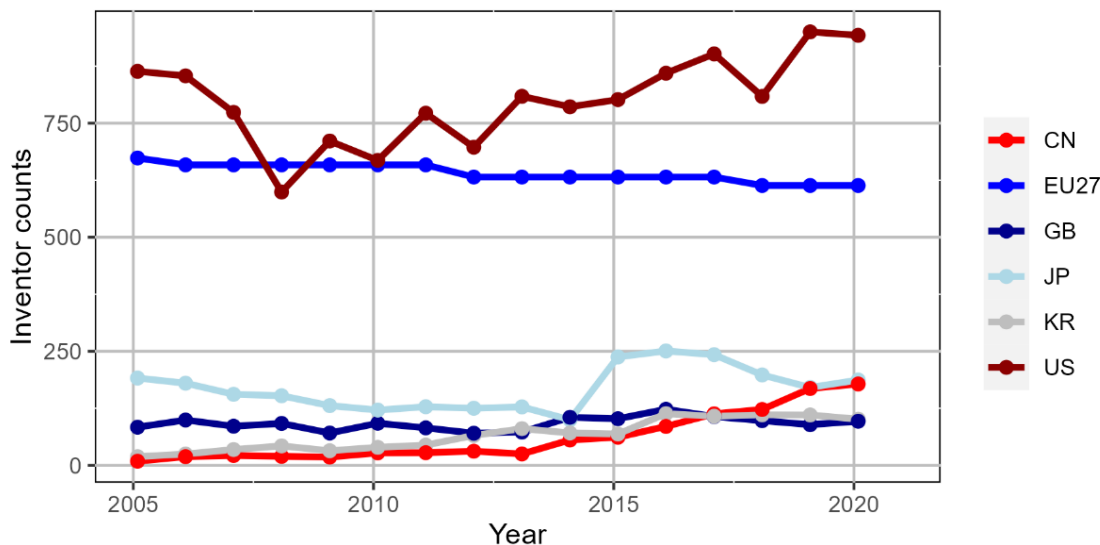
La figure 8 montre d'abord l'évolution de ces nombres d'inventeurs pour l'ensemble de l'UE des 27 par rapport aux pays tiers les plus actifs. Elle reflète le rôle dominant des États-Unis en tant que moteur de l'innovation. L'écart avec l'UE s'est creusé ces dernières années. **Alors que les inventeurs basés aux États-Unis ont enregistré une croissance de leur activité pendant plusieurs années au cours de la dernière décennie, les chiffres pour l'UE ont stagné.** En outre, par habitant, l'activité de brevetage de l'UE a toujours été inférieure à celle de la Corée du Sud, par exemple. L'UE a également perdu du terrain par rapport à la Chine (CN) au cours de la dernière décennie. En termes absolus, la République populaire est encore loin d'atteindre les chiffres de l'Europe et des États-Unis en matière de brevets, mais elle affiche depuis 2014 une forte croissance et a déjà pu rattraper le Japon (JP) et la Corée du Sud.

<sup>63</sup> 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.

<sup>64</sup> OCDE (2024b). Statistiques et analyse de la propriété intellectuelle (PI). Organisation de coopération et de développement économiques, Paris.



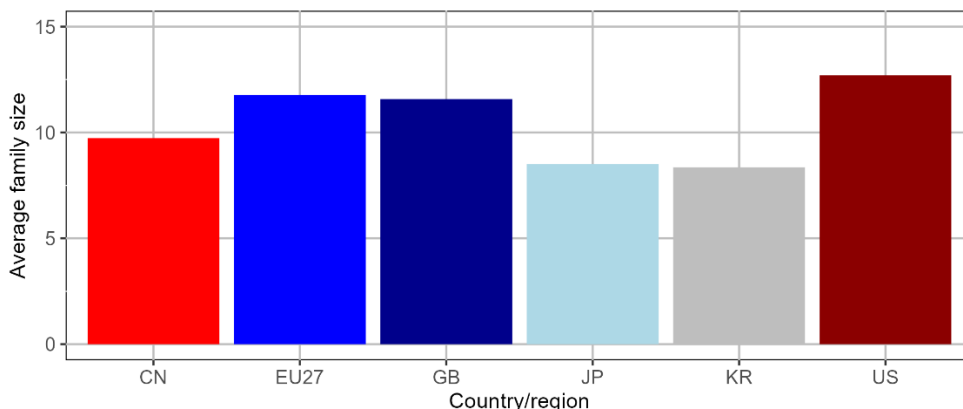
**Graphique 8 : Évolution des activités de brevetage dans le domaine de la biotechnologie dans les principaux pays inventeurs dans le monde**



Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

L'examen de la qualité des demandes de brevet offre une perspective complémentaire importante. Diverses mesures permettant d'enregistrer la qualité des brevets sont examinées dans la littérature. L'indicateur de la taille de la famille de brevets contenu dans PATSTAT permet de mesurer la qualité sur la base du degré de diffusion. Toutes les demandes de brevet dont le contenu technique est identique ou très similaire sont regroupées pour former une famille de brevets. Une telle famille peut apparaître, par exemple, lorsqu'une demande initiale est étendue à d'autres pays (et offices de brevets). La taille de la famille indique donc le potentiel de marché mondial attendu des innovations. Dans ce qui suit, nous utilisons la moyenne des tailles de famille de tous les brevets de biotechnologie impliquant des investisseurs nationaux comme indicateur de la qualité des brevets nationaux. La figure 9 montre la taille moyenne des familles sur la période 2005-2020. À cet égard, la performance des brevets de l'UE des 27 était nettement supérieure aux valeurs des pays de comparaison d'Asie de l'Est. **Cela suggère une diffusion mondiale moyenne élevée des inventions biotechnologiques de l'UE. Cependant, la performance n'a pas encore atteint le niveau des États-Unis.**

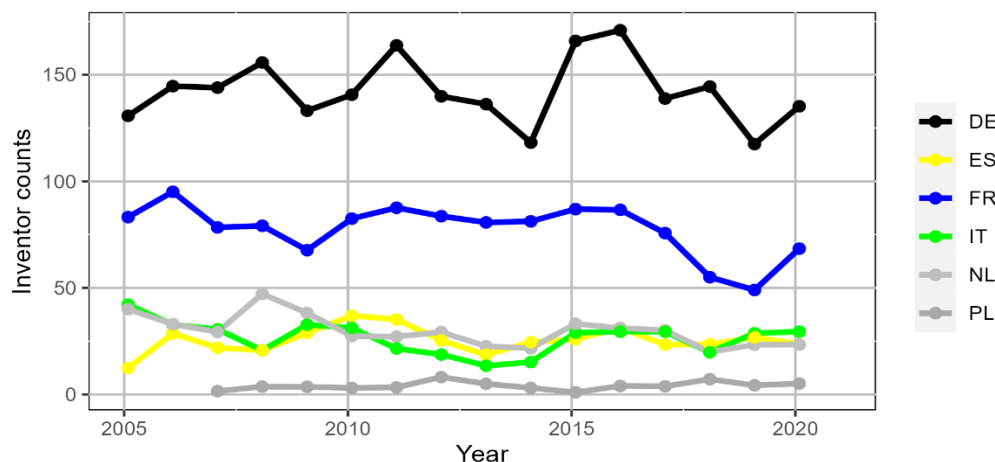
**Graphique 9 : Taille moyenne des familles de brevets biotechnologiques par pays 2005-2020**



Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

Si l'on compare les plus grandes économies de l'UE, l'Allemagne a affiché l'activité de brevet la plus élevée en termes absolus chaque année (voir figure 10). Toutefois, les fluctuations annuelles ont été particulièrement prononcées. En termes par habitant, l'activité d'innovation de la France a été plus élevée certaines années. Par habitant, l'Italie, l'Espagne et la Pologne ont affiché un nombre d'inventeurs comparativement faible.

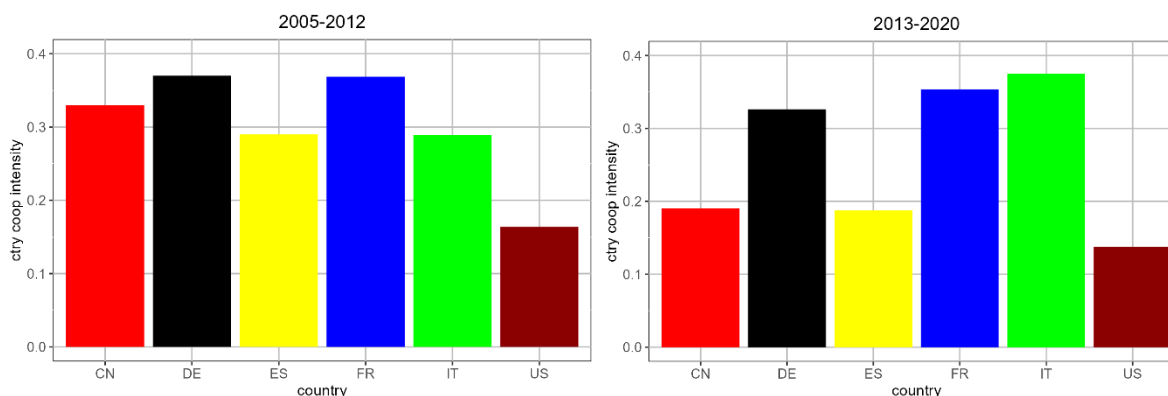
**Graphique 10: Évolution des activités de brevetage en biotechnologie dans certains États membres de l'UE**



Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

En outre, notre ensemble de données nous permet également de faire des comparaisons par pays sur l'étendue de la coopération internationale dans les activités d'innovation en comparant les adresses des inventeurs enregistrées dans les demandes de brevet. La figure 11 montre l'intensité de la coopération internationale en matière de brevets biotechnologiques pour une sélection de pays. L'intensité de la coopération est mesurée par la proportion de brevets de biotechnologie dont les inventeurs sont originaires du pays concerné et dans lesquels des inventeurs d'autres pays sont impliqués. Il existe de nettes différences entre les pays de l'UE ainsi que par rapport à la Chine et aux États-Unis. Au cours de la période 2005-2012, l'intensité de la coopération était particulièrement élevée parmi les inventeurs allemands et français (environ 40 %), alors qu'elle était moitié moindre en Espagne. Au cours de la période 2013-2020, ces différences se sont quelque peu réduites. Il est frappant de constater que l'intensité de la coopération internationale est toujours plus élevée dans les États membres de l'UE décrits que dans les États-Unis. Cela reflète en partie le potentiel d'innovation élevé des États-Unis. **En outre, lorsque l'on compare les deux périodes, la baisse significative de l'intensité de la coopération internationale de la Chine est frappante.** Cela peut, dans une certaine mesure, être le résultat d'une réduction des liens de recherche induite par la politique, mais cela pourrait également illustrer un besoin réduit d'afflux de connaissances externes.

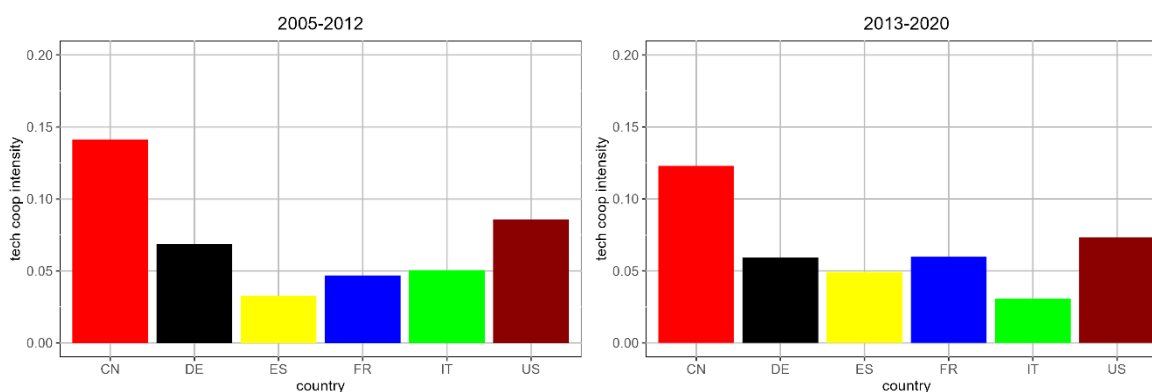
**Graphique 11: Intensité de la coopération internationale en matière de brevets biotechnologiques, par pays**



Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

Enfin, nous pouvons également illustrer la coopération en termes technologiques. Certaines demandes de brevet sont attribuées à plusieurs domaines technologiques dans le système de la CIB. La figure 12 montre l'intensité des coopérations interdomaines, sur la base d'une délimitation des codes CIB au niveau à 4 chiffres. Au cours des deux périodes, les membres de l'UE ont affiché des valeurs plus faibles pour cet indicateur que la Chine et les États-Unis. La Chine, en particulier, se distingue par une forte intensité interdisciplinaire. Dans une certaine mesure, ces différences sont probablement l'expression de stratégies de spécialisation nationales différentes dans le vaste domaine des biotechnologies. **Néanmoins, l'essentiel est que les innovations biotechnologiques de la Chine ont montré une portée comparativement forte dans divers domaines technologiques.** En principe, cela promet un potentiel supplémentaire d'utilisation des connaissances générées pour de futures recherches de suivi.

**Graphique 12: Intensité de la coopération interdisciplinaire en matière de brevets biotechnologiques, par pays**



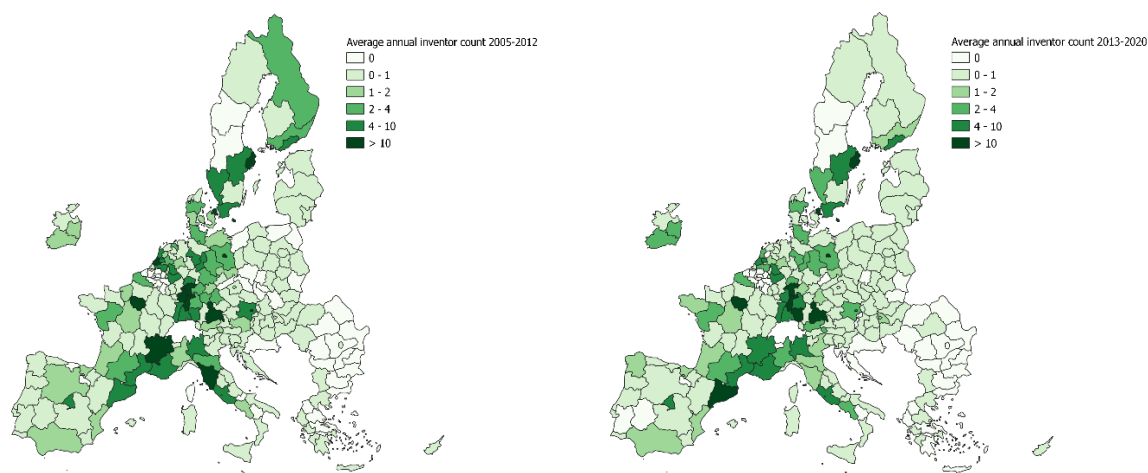
Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

### 3.3 Les points chauds de l'innovation dans l'UE

Notre base de données permet une ventilation spatiale encore plus poussée de l'activité des brevets dans le domaine des biotechnologies au sein de l'UE. REGPAT contient également des indicateurs pour l'attribution des adresses de résidence des inventeurs aux régions NUTS. Dans ce qui suit, nous choisissons le niveau NUTS-2 pour la comparaison spatiale. La figure 13 montre le niveau annuel moyen de

notre mesure du *nombre d'inventeurs*, ventilé entre les périodes 2005-12 et 2013-20. D'une manière générale, on constate un clivage clair entre l'ouest et l'est. Au sein des États membres occidentaux, des centres spatiaux d'activité d'innovation peuvent être identifiés. Cela correspond à la tendance naturelle à l'agglomération (voir sous-section 2.3) de l'industrie. Les régions NUTS 2 qui ont connu la plus forte activité de recherche au cours des deux périodes sont l'*Île-de-France* (FR10), suivie de la *Haute-Bavière* (DE21) et de *Hovedstaden* (DK01). Ces trois régions se caractérisent par un degré généralement élevé d'agglomération industrielle, ce qui souligne l'importance des économies d'échelle externes interindustrielles. Les groupements macro-régionaux les plus importants au cours des deux périodes sont le sud de la France (plus la Catalogne) et le sud/sud-ouest de l'Allemagne. Outre cette continuité, une comparaison des deux périodes montre également des signes d'un changement progressif dans l'activité d'innovation. Par exemple, certaines régions des États membres d'Europe de l'Est ont pu gagner du terrain au cours de la période la plus récente.

### Graphique 13: Répartition des demandes de brevets biotechnologiques par région NUTS-2 (mesure du nombre d'inventeurs)



Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

La découverte des causes sous-jacentes de ces différences dans l'activité régionale d'innovation a fait l'objet d'une abondante littérature de recherche ces dernières années. Fornahl et al. (2011) ont montré que l'intensité des brevets des entreprises de biotechnologie en Allemagne dépendait positivement de la coopération en matière de recherche avec d'autres entreprises et du fait d'être situé dans un cluster<sup>65</sup>. Graf & Broekel (2020) documentent une influence positive des subventions de R&D spécifiques aux projets sur le développement de réseaux régionaux de R&D dans les clusters biotechnologiques<sup>66</sup>. Engel et al. (2013) montrent l'importance du financement de la recherche axé sur la concurrence pour la persistance de la coopération régionale en matière de recherche<sup>67</sup>. En général, le rôle de la collaboration en matière de recherche dans diverses dimensions (entre les régions, les secteurs, les institutions) a été un objet d'intérêt fréquent dans l'économie de l'innovation. Les résultats

<sup>65</sup> Fornahl, D., Broekel, T. et Boschma, R. (2011). What drives patent performance of German biotech firms ? The impact of R&D subsidies, knowledge networks and their location. *Papers in regional science*, 90(2), 395-418.

<sup>66</sup> Graf, H. et Broekel, T. (2020). Un coup dans l'obscurité ? L'influence de la politique sur les réseaux de clusters. *Research Policy*, 49(3), 103920.

<sup>67</sup> Engel, D., Mitze, T., Patuelli, R. et Reinkowski, J. (2013). La politique des grappes d'entreprises déclenche-t-elle l'activité de R&D ? Evidence from German biotech contests. *European Planning Studies*, 21(11), 1735-1759.

indiquent une importance potentiellement élevée de la coopération pour la génération de retombées de connaissances. Ses effets sur l'activité d'innovation dépendent toutefois fortement des formes de coopération et des conditions locales. Par exemple, Kekezi et al. (2022) constatent que l'influence de la coopération interrégionale en matière de recherche sur la création future de connaissances dépend fortement du secteur des entreprises coopérantes<sup>68</sup>. Roesler & Broekel (2017) documentent la grande influence des universités à fort potentiel de recherche en tant que gardiens régionaux sur la formation de réseaux de connaissances dans la recherche biotechnologique allemande<sup>69</sup>. Balland & Boschma (2021) montrent qu'une forte complémentarité technologique des régions partenaires renforce l'effet positif de la coopération interrégionale en matière de recherche sur les activités futures en matière de brevets<sup>70</sup>. Caragliu & Nijkamp (2012) mettent en lumière le rôle clé du capital cognitif régional pour l'exploitation de nouvelles connaissances obtenues, par exemple, par le biais de transferts de connaissances interrégionaux<sup>71</sup>.

Dans ce qui suit, nous examinons les facteurs à l'origine de la structure des innovations biotechnologiques dans les régions NUTS-2 de l'UE. Les informations sur les brevets tirées de PATSTAT nous permettent de faire la distinction entre une dimension quantitative et une dimension qualitative. Nous mesurons le niveau quantitatif de l'innovation biotechnologique dans une région au cours d'une année donnée par le nombre de familles de brevets différentes pour lesquelles les inventeurs de la région ont déposé des demandes de brevet (*fam\_count*). Les demandes multiples au sein d'une même famille de brevets ne sont donc comptabilisées qu'une seule fois. Cela est censé garantir que nous additionnons des inventions techniquement différentes (voir la sous-section précédente). La qualité des brevets est beaucoup plus difficile à évaluer, étant donné qu'aucune conclusion directe ne peut être tirée sur la valeur marchande future d'une invention à partir des données relatives aux brevets elles-mêmes. Dans ce qui suit, nous reflétons la dimension de la qualité à l'aide de deux mesures différentes qui sont inhérentes au système des brevets. La première mesure est la taille moyenne des familles de brevets pour lesquelles les inventeurs de la région concernée ont déposé des demandes (*fam\_avg*). Elle vise à refléter la portée internationale des brevets régionaux dans le système mondial des brevets. La deuxième mesure est le taux moyen de citations de brevets biotechnologiques par des inventeurs régionaux (*cite\_count*). Elle mesure l'intégration dans les réseaux mondiaux de références croisées. Pour tenir compte du fait que les brevets les plus jeunes ont tendance à être moins cités, nous divisons le nombre de citations moyennes par région par les valeurs moyennes mondiales pour les brevets de biotechnologie de l'année concernée.

Nous nous intéressons particulièrement à l'impact de la coopération interrégionale et interdisciplinaire en matière de recherche. La promotion de réseaux d'innovation suprarégionaux solides a toujours été un objectif du soutien de l'UE à la R&D, à la fois en général et spécifiquement pour des domaines d'intérêt tels que les biotechnologies. L'interdisciplinarité est également reconnue comme une clé pour résoudre les problèmes complexes du monde réel, comme le montre l'approche orientée vers les

<sup>68</sup> Kekezi, O., Dall'erba, S. et Kang, D. (2022). The role of interregional and inter-sectoral knowledge spillovers on regional knowledge creation across US metropolitan counties. *Spatial Economic Analysis*, 17(3), 291-310.

<sup>69</sup> Roesler, C. et Broekel, T. (2017). Le rôle des universités dans un réseau de collaboration R&D subventionné : Le cas de l'industrie biotechnologique en Allemagne. *Review of Regional Research*, 37, 135-160.

<sup>70</sup> Balland, P. A. et Boschma, R. (2021). Liens interrégionaux complémentaires et spécialisation intelligente : An empirical study on European regions. *Regional Studies*, 55(6), 1059-1070.

<sup>71</sup> Caragliu, A. et Nijkamp, P. (2012). The impact of regional absorptive capacity on spatial knowledge spillovers : the Cohen and Levinthal model revisited (L'impact de la capacité d'absorption régionale sur les retombées des connaissances spatiales : le modèle de Cohen et Levinthal révisité). *Applied Economics*, 44(11), 1363-1374.

missions de l'actuel programme-cadre de recherche Horizon Europe<sup>72</sup>. Jusqu'à présent, cependant, on manque encore de preuves de l'importance réelle de cette maxime pour le succès de la recherche dans le secteur de la biotechnologie, en particulier en ce qui concerne la qualité des brevets qui en résultent. Nous abordons tout d'abord ces relations en illustrant les modèles de corrélation bilatérale. La figure A2 de l'annexe présente des diagrammes de dispersion avec des valeurs moyennes régionales pour la période 2013-2020. Nos trois mesures de l'innovation sont comparées à l'intensité de la coopération interrégionale (*reg\_coopins*). Par analogie avec l'intensité de la coopération internationale présentée dans la sous-section précédente, cette intensité mesure la proportion de demandes de brevet déposées par des inventeurs régionaux auxquelles ont participé des inventeurs d'autres régions NUTS-2. Les graphiques indiquent une corrélation positive évidente avec la mesure de la coopération pour les trois mesures de brevets. Avant tout, presque toutes les régions dont l'intensité de la coopération est très inférieure à la moyenne présentent des activités de brevetage faibles, tant en termes de quantité que de qualité.

Afin de parvenir à des relations vérifiables, il convient de prendre en compte les influences temporelles et géographiques sur les activités d'innovation. Notre ensemble de données régionales sur les brevets, qui est étendu à la fois dans le temps et dans l'espace, constitue une base idéale à cet égard. Dans ce qui suit, nous l'utilisons pour notre propre analyse économétrique. Suivant une procédure courante dans la littérature, nous fusionnons l'ensemble de données sur les brevets avec un ensemble d'indicateurs régionaux de l'UE provenant d'Eurostat<sup>73</sup>. Le choix de variables de contrôle régionales est limité par le fait qu'aucune caractéristique régionale spécifique au secteur n'est disponible, étant donné que la production biologique est intrinsèquement transversale (voir la sous-section 2.2). En raison de la résolution généralement plus faible des mesures de comptabilité économique telles que la valeur ajoutée au niveau régional, celles-ci ne peuvent être construites à partir des données existantes pour les régions NUTS-2. Toutefois, nous pouvons nous appuyer sur des indicateurs pour les secteurs de la fabrication de haute technologie et de la recherche, qui sont généralement collectés sur une base régulière. Une autre limite est la nécessité de disposer de séries temporelles suffisamment longues pour une analyse dynamique. Certains indicateurs régionaux intéressants (par exemple ceux de l'indice de compétitivité régionale de l'UE) qui n'ont été collectés que très récemment ne peuvent donc pas être intégrés.

Notre stratégie consiste à estimer des modèles de régression distincts pour chacune des trois mesures de l'innovation précédemment dérivées. Afin de mettre en évidence toute différence dans les corrélations, nous utilisons le même ensemble de variables explicatives dans chaque cas. Celles-ci doivent avoir une pertinence générale potentielle en tant qu'intrants. Nous évaluons l'ampleur de l'apport régional direct en R&D à l'aide des données d'Eurostat sur les ressources humaines en sciences et technologies, en particulier le nombre de scientifiques et d'ingénieurs travaillant dans la région (*HRST*). Les effets potentiels du niveau général de l'agglomération économique régionale sur le succès de la recherche (par exemple, par le biais d'économies d'échelle externes à l'industrie, voir la sous-section 2.3) sont pris en compte en utilisant le PIB régional par habitant comme variable de contrôle (*PIB\_pc*). Nous approximations le niveau général du capital cognitif local, un facteur d'influence possible sur l'adoption

<sup>72</sup> Commission européenne (2021). [Horizon Europe - Le programme de recherche et d'innovation de l'UE 2021-2027](#). Présentation.

<sup>73</sup> Eurostat (2024c). [Statistiques régionales par classification NUTS](#). Base de données Eurostat.

des connaissances créées et leur mise en œuvre dans l'innovation future<sup>74</sup>, par la part des 25-64 ans ayant fait des études supérieures (*tert\_ed*).

Outre l'intensité de la coopération suprarégionale, nous utilisons également l'intensité de la coopération interdisciplinaire tirée des statistiques sur les brevets comme mesure de la coopération (*tech\_coopins*). Cependant, nous ne pouvons mesurer cette dernière que très indirectement, car nous ne disposons d'aucune information sur les antécédents scientifiques des inventeurs individuels. Nous identifions la coopération du côté de la production par le biais des codes CIB potentiellement multiples qui sont attribués à une invention. Plus précisément, nous parlons de coopération si des codes d'au moins deux catégories CIB différentes sont attribués à une invention, les catégories étant délimitées au niveau à quatre chiffres. Une hypothèse est que les brevets multi-catégoriels créent un potentiel particulier pour les innovations de suivi, étant donné que les connaissances générées sont pertinentes pour plus d'un domaine technologique. En outre, nous utilisons le décalage de l'indicateur du nombre d'inventeurs comme facteur explicatif supplémentaire des statistiques sur les brevets (*inv\_count*). Il mesure l'importance potentielle de l'engagement régional passé dans les activités de brevet pour la quantité et la qualité des innovations futures. Il reflète donc le moment dynamique du processus d'innovation, l'utilisation des connaissances acquises pour des innovations ultérieures. Afin de réduire les problèmes d'endogénéité et de tenir compte du décalage temporel dans l'apparition des succès en matière d'innovation, tous les autres facteurs explicatifs mentionnés ci-dessus sont inclus dans le modèle sous une forme décalée, conformément à une recommandation de la littérature<sup>75</sup>. Enfin, pour contrôler l'influence des effets temporels et des facteurs persistants spécifiques au pays (incitations nationales, cadre institutionnel), nous incluons des variables indicatrices du pays et de l'année dans le modèle.

Lors de la sélection de la méthode d'estimation, le nombre important de valeurs nulles pour les variables dépendantes dans l'ensemble de données initial doit être traité avec précaution. Toutes les régions NUTS-2 ne possèdent pas de capacités de R&D dans le domaine de la biotechnologie. Certaines régions n'ont généré aucun brevet biotechnologique sur l'ensemble de la période de l'échantillon. Elles ont été omises de l'estimation, car il est peu probable que des efforts sérieux aient été déployés pour mener des recherches commerciales dans le domaine de la biotechnologie. Un autre groupe de régions a généré des brevets biotechnologiques au cours de la période d'échantillonnage, mais pas chaque année. Étant donné que nous ne pouvons pas supposer que ces modèles sont aléatoires, nous ne devrions pas simplement éliminer ces valeurs nulles. Au lieu de cela, nous nous inspirons de l'approche classique d'un modèle de régression censuré basé sur James Tobin<sup>76</sup>, le modèle dit Tobit-I. Le mécanisme sous-jacent aux observations est divisé en deux processus. Un processus qui détermine l'existence de valeurs positives (c'est-à-dire l'existence d'une activité de brevet) et un processus qui détermine le niveau des valeurs positives (c'est-à-dire l'étendue de l'activité de brevet). Suivant une procédure standard, nous appliquons le même ensemble de facteurs explicatifs aux deux processus.

Le modèle Tobit groupé avec effets fixes de temps et de pays est estimé pour chacune des trois variables dépendantes sur la base d'un total de 2 212 observations. Pour l'estimation pratique, nous utilisons le paquet statistique *crch* implémenté dans le logiciel *R*. Il effectue une estimation par

<sup>74</sup> Voir Caragliu & Nijkamp (2010).

<sup>75</sup> Voir Kekezi et al. (2022).

<sup>76</sup> Tobin, J. (1958). Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica : journal of the Econometric Society*, 24-36.



maximum de vraisemblance tout en contrôlant l'hétéroscédasticité conditionnelle des termes d'erreur<sup>77</sup>. Le tableau A1 de l'annexe présente les estimations des coefficients pour les modèles de base (les coefficients des variables indicatrices de temps et de pays ne sont pas présentés pour des raisons d'espace)<sup>78</sup>.

**Malgré des divergences évidentes, certaines caractéristiques qualitatives peuvent être observées de la même manière pour les trois variables dépendantes. Outre l'influence positive et significative attendue de la variable RHST, il en va de même pour l'effet positif constamment significatif de l'intensité de la coopération régionale.** Étant donné que nous contrôlons le PIB par habitant et l'activité régionale antérieure des inventeurs, il ne s'agit pas simplement de l'expression d'une plus grande portée spatiale des régions d'agglomération axées sur la recherche. Pour un niveau donné d'activité absolue des inventeurs, une proportion plus élevée de coopération interrégionale en matière de brevets est associée à une plus grande réussite de la recherche à l'avenir, tant sur le plan quantitatif (plus grand nombre de familles de brevets différentes) que qualitatif (plus grande taille des familles de brevets, plus de citations en avant) de l'innovation biotechnologique. La deuxième variable de coopération, la mesure de la coopération interdisciplinaire, est systématiquement non significative. Toutefois, compte tenu des difficultés de mesure, cela n'indique pas nécessairement un manque d'importance de l'interdisciplinarité pour l'innovation biotechnologique future. En outre, une forme non observée de valeur ajoutée pourrait consister en une augmentation des activités de brevetage dans des groupes technologiques ne faisant pas partie de notre délimitation des biotechnologies. Cela suggère l'inclusion de sources de données supplémentaires (par exemple au niveau de l'entreprise) pour refléter le contexte institutionnel des inventeurs enregistrés.

L'effet mesuré de la variable « capital humain » est également très significatif. Étant donné la prise en compte simultanée des ressources humaines scientifiques, il ne s'agit pas simplement d'une expression de la taille du pool local de chercheurs. Il **souligne plutôt le rôle important des ressources cognitives générales dans la traduction des résultats de la recherche en nouvelles connaissances brevetables.** Cet effet n'est pas nécessairement isolé. Au contraire, une interaction positive avec la quantité de connaissances en matière de recherche acquises dans le passé serait concevable. Une hypothèse est que l'effet positif des connaissances acquises sur l'innovation future est plus important dans les régions dotées d'un fort capital cognitif. Nous testons cette hypothèse en utilisant une deuxième variante du modèle dans laquelle les termes d'interaction entre le capital humain et le nombre d'inventeurs (*tert\_ed X inv\_count*) ainsi qu'entre le capital humain et l'intensité de la coopération interrégionale (*tert\_ed X reg\_coopins*) sont inclus en tant que variables supplémentaires. Les résultats de l'estimation sont présentés dans le tableau A2 de l'annexe. Tout d'abord, on peut noter que le terme de base de *reg\_coopins* reste constamment positif et hautement significatif dans cette variante du modèle. Il en va de même pour les deux termes d'interaction. **En conséquence, un niveau régional plus élevé de capital humain ne renforce pas seulement l'association positive entre l'activité régionale passée en matière de brevets et la quantité et la qualité de l'innovation actuelle. Il renforce également le rôle de la coopération interrégionale.** Cela suggère que le capital cognitif est également

<sup>77</sup> Messner, J. W., Mayr, G. J. et Zeileis, A. (2016). Heteroscedastic Censored and Truncated Regression with crch. R J., 8(1), 173.

<sup>78</sup> Veuillez noter qu'en raison de la contrainte de censure, les coefficients ne sont pas égaux aux effets marginaux.



important pour le processus d'utilisation des flux de connaissances pour la création de nouvelles connaissances brevetables.

Bien entendu, compte tenu de l'absence de mesures permettant de contrôler les différences entre les infrastructures régionales, il convient de faire preuve d'une grande prudence dans l'inférence de la causalité. Néanmoins, les estimations dans leur ensemble mettent en évidence deux faits importants. Premièrement, une collaboration interrégionale plus intense dans la recherche biotechnologique est souvent associée à une diffusion future plus large des connaissances créées par les inventeurs régionaux dans le système mondial des brevets. Deuxièmement, un niveau d'éducation élevé de la population locale est un facteur favorable à cette association. Ce constat est également valable lorsque l'on compare des régions de l'UE ayant des niveaux similaires de réussite en matière d'innovation, c'est-à-dire qu'il ne s'agit pas simplement d'un reflet des différences régionales en matière de compétences globales dans le domaine de la recherche biotechnologique.

## 4 Stratégies de développement au niveau de l'UE

### 4.1 L'évolution des politiques de l'UE en matière de bioéconomie

Le domaine des biotechnologies et de la fabrication à base de produits biologiques fait depuis longtemps l'objet de considérations stratégiques de la part de la Commission européenne. Cela a commencé avec la mise en œuvre du programme-cadre de l'UE pour la biotechnologie et les sciences du vivant en 1982, qui a ouvert la voie à des activités de financement continues de l'UE dans le domaine de la recherche en biotechnologie<sup>79</sup>. En 2002, la Commission a présenté sa première *stratégie en matière de sciences du vivant et de biotechnologie*<sup>80</sup>. Cette stratégie était motivée par le bond en avant de l'état de préparation technologique dans des domaines tels que le génie génétique et par les questions économiques et éthiques qui en découlaient. L'Europe était confrontée à une domination mondiale croissante des entreprises américaines dans ce segment, qui se traduisait par un chiffre d'affaires et un nombre d'emplois nettement plus élevés, ainsi que par une gamme de produits beaucoup plus large de la bioéconomie américaine. Avec sa stratégie, la Commission visait à renforcer la compétitivité mondiale des entreprises européennes, tout en répondant aux préoccupations éthiques d'une manière qui garantisse le soutien de la société aux technologies concernées. Dans un examen à mi-parcours de la stratégie publié en 2007, la Commission a encadré les objectifs d'innovation en les plaçant dans un contexte économique plus large, en promouvant le concept d'une *bioéconomie fondée sur la connaissance* (KBBE)<sup>81</sup>. Elle a souligné le fait que le développement et l'application des biotechnologies se sont étendus bien au-delà des entreprises biotechnologiques exclusives et se sont diffusés dans un large éventail de secteurs industriels traditionnels. Compte tenu des préoccupations environnementales croissantes liées à l'utilisation des ressources fossiles, les biotechnologies sont considérées comme un facteur clé de la croissance durable de l'économie européenne.

<sup>79</sup> Aguilar, A., Magnien, E. et Thomas, D. (2013). Trente ans de programmes européens de biotechnologie : de l'ingénierie biomoléculaire à la bioéconomie. *New biotechnology*, 30(5), 410-425.

<sup>80</sup> Commission européenne (2002). *Sciences du vivant et biotechnologie - une stratégie pour l'Europe*. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions COM(2002) 27.

<sup>81</sup> Commission européenne (2007). *Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions concernant l'examen à mi-parcours de la stratégie relative aux sciences du vivant et à la biotechnologie*. COM(2007) 175 final.

Ce nouveau positionnement a ouvert la voie à la **première stratégie de l'UE en matière de bioéconomie**, publiée en 2012<sup>82</sup>. Elle couvrait tout le spectre de l'utilisation des bioressources dans l'économie, y compris les chaînes d'approvisionnement alimentaire. Avec cette approche holistique, la Commission est allée au-delà des concepts existants de fabrication biologique, par exemple ceux postulés par l'OCDE<sup>83</sup>. L'objectif n'était pas seulement de renforcer la compétitivité européenne, mais aussi d'aider à relever une série de défis sociétaux mondiaux, notamment le changement climatique, la sécurité alimentaire et la gestion durable des ressources. L'ambition de l'UE était de jouer un rôle de premier plan dans la transition future vers une bioéconomie mondiale. Les initiatives passées devaient être étendues à une échelle industrielle plus large, en mettant l'accent sur la mise en œuvre et le développement de nouvelles chaînes de valeur fondées sur la biotechnologie<sup>84</sup>. Pour y parvenir, une rationalisation des politiques liées à la bioéconomie menées aux différents niveaux administratifs a été jugée essentielle, notamment en ce qui concerne l'objectif d'encourager l'innovation dans les domaines prioritaires.

La stratégie comprenait un plan d'action structuré en trois piliers. Le premier pilier consiste en des mesures visant à stimuler les investissements dans la connaissance, l'innovation et les compétences. Il s'agissait avant tout de soutenir la R&D dans le cadre d'Horizon 2020, le programme de financement de la recherche et de l'innovation de l'UE pour la période 2014-2020, où les solutions technologiques liées aux bioressources répondent à plusieurs des objectifs spécifiques définis pour le domaine prioritaire « défis sociétaux » (budget total : 29,6 milliards d'euros)<sup>85</sup>. Le deuxième pilier consistait en des mesures visant à renforcer le dialogue politique et les systèmes de suivi des politiques. Les partenariats européens pour l'innovation (PEI) se sont vu attribuer un rôle clé dans l'alignement des politiques liées à la bioéconomie dans l'UE, ce qui a conduit au lancement d'un PEI pour la productivité et la durabilité de l'agriculture (PEI-AGRI)<sup>86</sup>. Le troisième pilier couvre les mesures visant à renforcer la compétitivité nationale. La mise en place de bioraffineries intégrées et diversifiées utilisant efficacement les bioressources disponibles a été considérée comme la clé de chaînes d'approvisionnement à la fois compétitives et durables.

En résumé, la première stratégie pour la bioéconomie était l'expression d'une compréhension plus globale des conditions de croissance de la bioéconomie européenne. L'accès aux ressources locales et la diffusion des connaissances sont désormais considérés comme des conditions préalables essentielles, non seulement pour les activités d'innovation, mais aussi pour la création et le maintien de capacités de production en Europe. La coopération interrégionale et interinstitutionnelle et la perspective de la chaîne d'approvisionnement sur la compétitivité ont été reconnues comme essentielles pour identifier et répondre à ces besoins. Les nouvelles institutions créées sur la base de la stratégie ont ensuite donné naissance à une multitude de nouvelles activités de coopération. En 2014, l'*entreprise commune Bio-based Industries* (BBI JU), un PPP entre la Commission européenne et le *Bio-based*

<sup>82</sup> Commission européenne (2012). *Innovater pour une croissance durable : Une bioéconomie pour l'Europe*. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2012) 60 final.

<sup>83</sup> Bell, J., Paula, L., Dodd, T., Németh, S., Nanou, C., Mega, V., & Campos, P. (2018). L'ambition de l'UE de construire la première bioéconomie du monde - Les temps incertains exigent des solutions innovantes et durables. *Nouvelle biotechnologie*, 40, 25-30.

<sup>84</sup> Patermann, C. et Aguilar, A. (2018). Les origines de la bioéconomie dans l'Union européenne. *New biotechnology*, 40, 20-24.

<sup>85</sup> Commission européenne (2014). [Horizon 2020 - Domaine prioritaire « défis sociétaux »](#).

<sup>86</sup> Commission européenne (2023a). [Recherche et innovation - Partenariats européens d'innovation \(PEI\)](#).

*Industries Consortium*, a été créée<sup>87</sup>. Son objectif principal était d'encourager l'innovation radicale, de la recherche fondamentale à la commercialisation, en passant par la démonstration. Grâce à des garanties de financement public, il a été conçu pour fournir un cadre stable à long terme à l'industrie, permettant une programmation stratégique des activités de recherche et de développement<sup>88</sup>. En 2021, il a été remplacé par l'entreprise commune Circular Bio-based Europe, établie sous l'égide d'Horizon Europe, qui poursuit les activités en mettant l'accent sur les objectifs de durabilité de l'UE<sup>89</sup>. Depuis 2014, l'entreprise commune a, selon ses propres informations, investi environ 904 millions d'euros provenant de sources de l'UE dans des projets. Il s'agit d'une série de projets phares répartis dans toute l'Europe, qui exploitent des installations de production pilotes innovantes reposant principalement sur l'utilisation de matières premières de deuxième et troisième génération (sous-produits, flux de déchets)<sup>90</sup>.

L'examen de la stratégie pour la bioéconomie réalisé par la Commission en 2017 a permis de constater les premiers signes de réussite. Il a mis en évidence l'augmentation du financement de la recherche de l'UE consacré à la bioéconomie, qui a atteint un niveau de 4,52 milliards d'euros dans le cadre d'Horizon 2020, soit plus du double par rapport au programme-cadre précédent. Il a également souligné l'adoption généralisée de stratégies dédiées à la bioéconomie au niveau national dans l'UE, et le rôle de plus en plus important de la bioéconomie dans les stratégies d'innovation régionales. Dans le même temps, il a diagnostiqué un manque de capacités de suivi détaillé, tant en ce qui concerne la réussite économique que les effets sur le développement durable<sup>91</sup>. En réponse immédiate, le Centre de connaissances sur la bioéconomie a été créé en tant que source d'information spécialisée au sein de la structure organisationnelle du Centre commun de recherche<sup>92</sup>. En outre, tout en maintenant les objectifs de la stratégie, la Commission a jugé nécessaire d'adapter le plan d'action afin d'aligner les mesures sur l'évolution des priorités politiques de l'UE. Cela concernait la prédominance croissante du concept de circularité, tel qu'exprimé par le premier plan d'action de l'UE pour l'économie circulaire<sup>93</sup>.

La mise à jour 2018 de la stratégie pour la bioéconomie a tenu compte de ces considérations en redéfinissant les piliers du plan d'action<sup>94</sup>. **Le premier pilier consistait en des mesures visant à « renforcer et à développer les secteurs biosourcés, à débloquer les investissements et les marchés »**. Il s'agissait donc de résumer les premier et troisième piliers de la stratégie initiale (voir ci-dessus). En tant qu'instrument de soutien financier, outre le soutien continu à la R&D par l'intermédiaire du programme de recherche de l'UE 2021-2027 Horizon Europe, la Commission a proposé pour la première fois un fonds de l'UE exclusivement consacré au financement d'investissements dans la bioéconomie circulaire. Cet

<sup>87</sup> Conseil européen (2014). Règlement (UE) n° 560/2014 du Conseil du 6 mai 2014 portant création de l'entreprise commune des industries biologiques.

<sup>88</sup> Voir Mengal et al. (2018).

<sup>89</sup> Conseil européen (2021). Règlement (UE) 2021/2085 du Conseil du 19 novembre 2021 établissant les entreprises communes dans le cadre d'Horizon Europe et abrogeant les règlements (CE) n° 219/2007, (UE) n° 557/2014, (UE) n° 558/2014, (UE) n° 559/2014, (UE) n° 560/2014, (UE) n° 561/2014 et (UE) n° 642/2014.

<sup>90</sup> Entreprise commune circulaire biosourcée (2023). [Une bioéconomie compétitive pour un avenir durable](#).

<sup>91</sup> Commission européenne (2017). [Examen de la stratégie européenne en matière de bioéconomie de 2012](#). Document de travail des services de la Commission.

<sup>92</sup> Commission européenne (2023b). [Centre de connaissances pour la bioéconomie](#).

<sup>93</sup> Commission européenne (2015). Boucler la boucle - Un plan d'action de l'UE pour l'économie circulaire. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2015) 614 final.

<sup>94</sup> Commission européenne (2018). Une bioéconomie durable pour l'Europe : renforcer le lien entre l'économie, la société et l'environnement. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité éco-nomique et social et au Comité des régions. COM(2018) 673 final.

élan a ensuite contribué au lancement du Fonds pour la bioéconomie circulaire en 2020, un fonds de capital-risque public-privé spécialisé dans les entreprises en phase de croissance dans l'UE<sup>95</sup>. Il est doté d'une contribution de 100 millions d'euros de la Banque européenne d'investissement. La dotation totale initialement prévue de 250 millions d'euros est maintenant passée à 300 millions d'euros grâce à d'autres investisseurs privés<sup>96</sup>.

**Le deuxième pilier résume les mesures visant à « déployer rapidement les bioéconomies locales dans toute l'Europe ».** Il s'agit là d'une nouvelle perspective : elle met en évidence le potentiel de la bioéconomie à devenir un outil de développement économique régional et de restructuration. En particulier, la promotion d'une production plus efficace et durable de biomasse dans l'agriculture et la sylviculture est considérée comme essentielle pour libérer le potentiel de croissance des zones rurales. À cette fin, la Commission a annoncé un programme de développement stratégique (qui n'a pas encore été mis en œuvre) et a proposé plusieurs actions pilotes spécifiquement conçues pour favoriser le développement d'une bioéconomie dans les zones rurales, côtières et urbaines. Ces actions comprenaient à la fois l'engagement des parties prenantes (formation de comités et formats de réunion) et un soutien financier ciblé aux projets par le biais du programme Horizon et du Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP).

**Enfin, le troisième pilier du plan d'action est intitulé « Comprendre les limites écologiques de la bioéconomie ».** La Commission entendait ainsi améliorer les connaissances générales sur l'impact de la bioéconomie sur le développement durable, en particulier les limites naturelles de l'approvisionnement en biomasse et ses effets secondaires sur l'environnement. Les connaissances acquises devaient permettre d'améliorer le suivi de l'ensemble de la stratégie. Ainsi, son objectif ressemble au deuxième pilier de la stratégie originale, mais avec un accent encore plus fort sur la surveillance environnementale. La tâche de collecter les données pertinentes a été confiée au Centre de connaissances pour la bioéconomie. Outre la mise en place d'un système de surveillance, le pilier prévoit l'annonce du financement de projets de recherche visant à améliorer la biodiversité dans les écosystèmes terrestres et marins au niveau microbien. Cette approche est considérée comme un moyen prometteur d'éliminer les compromis potentiels entre la durabilité et la productivité dans la production de biomasse<sup>97</sup>.

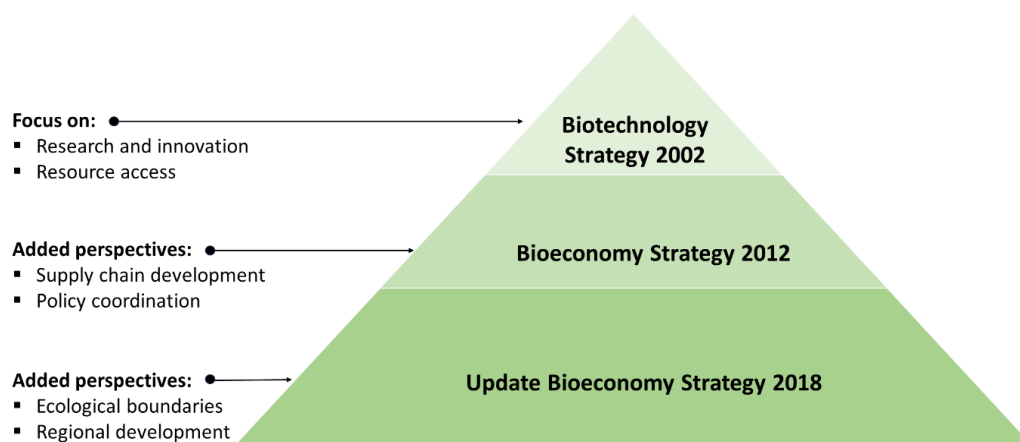
Par conséquent, la mise à jour de 2018 a, dans l'ensemble, poursuivi la voie tracée par la stratégie initiale, mais s'en est écartée en mettant davantage l'accent sur les effets secondaires écologiques et l'interaction avec le développement économique régional. En d'autres termes, les dimensions spatiales et sociales de la bioéconomie ont gagné en importance. La figure 14 résume l'extension progressive de l'approche politique de l'UE au fil du temps.

<sup>95</sup> BCEF (2023). [Capital-risque pour la transformation](#). Fonds européen pour la bioéconomie circulaire.

<sup>96</sup> ECBF (2021). [Capital de croissance pour une transformation durable vers une économie circulaire biosourcée : Fonds d'impact initié par l'UE sursouscrit avec 300 millions d'euros](#). Fonds européen pour la bioéconomie circulaire. Communiqué de presse, 23 février 2021.

<sup>97</sup> Gupta, A., Singh, U. B., Sahu, P. K., Paul, S., Kumar, A., Malviya, D., ... & Saxena, A. K. (2022). Linking soil microbial diversity to modern agriculture practices : A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 3141.

**Graphique 14: Évolution du champ d'application des stratégies de l'UE en matière de bioéconomie**



Source : illustration personnelle.

## 4.2 La bioéconomie dans le cadre du Green Deal de l'UE

La présentation du « Green Deal » européen par la présidente de la Commission, Mme von der Leyen, le 11 décembre 2019, a marqué le début d'une nouvelle ère dans la politique climatique de l'UE<sup>98</sup>. L'objectif ambitieux d'une économie européenne climatiquement neutre d'ici 2050 a été combiné à un programme de politique économique axé sur la croissance verte, y compris des mécanismes de transition juste pour les régions de l'UE menacées par le changement structurel. L'un des éléments clés de la mise en œuvre est le plan d'investissement européen pour le marché vert, qui comprend de nouveaux instruments de financement de l'UE pour la transformation verte (InvestEU, Mécanisme de transition juste). Un total de 1 000 milliards d'euros d'investissements durables doivent être mobilisés au cours de la période 2021-2030, financés par des sources privées et publiques<sup>99</sup>. Le deuxième élément central est un grand nombre de nouvelles initiatives réglementaires visant à accélérer la réduction des émissions et d'autres objectifs sociétaux (circularité, pollution, biodiversité), dans tous les secteurs de l'économie de l'UE.

La production et l'utilisation futures de la biomasse dans l'UE jouent un rôle important pour les objectifs de durabilité du Green Deal. Par conséquent, il existe de nombreux recoupements entre les objectifs de la Stratégie bioéconomie 2018 et les catégories cibles du Green Deal (voir figure 15). D'une part, cela est directement évident dans la stratégie « de la ferme à la table » relative aux chaînes d'approvisionnement alimentaire publiée le 20 mai 2020<sup>100</sup>. Son objectif, qui est de garantir la fourniture d'une alimentation équitable, saine et respectueuse de l'environnement, est conforme aux objectifs de sécurité alimentaire et de gestion durable des ressources de la stratégie pour la bioéconomie. Une série de mesures ont été annoncées afin de promouvoir la réduction des substances potentiellement nocives pour l'environnement dans l'agriculture (pesticides, engrais), d'introduire un étiquetage

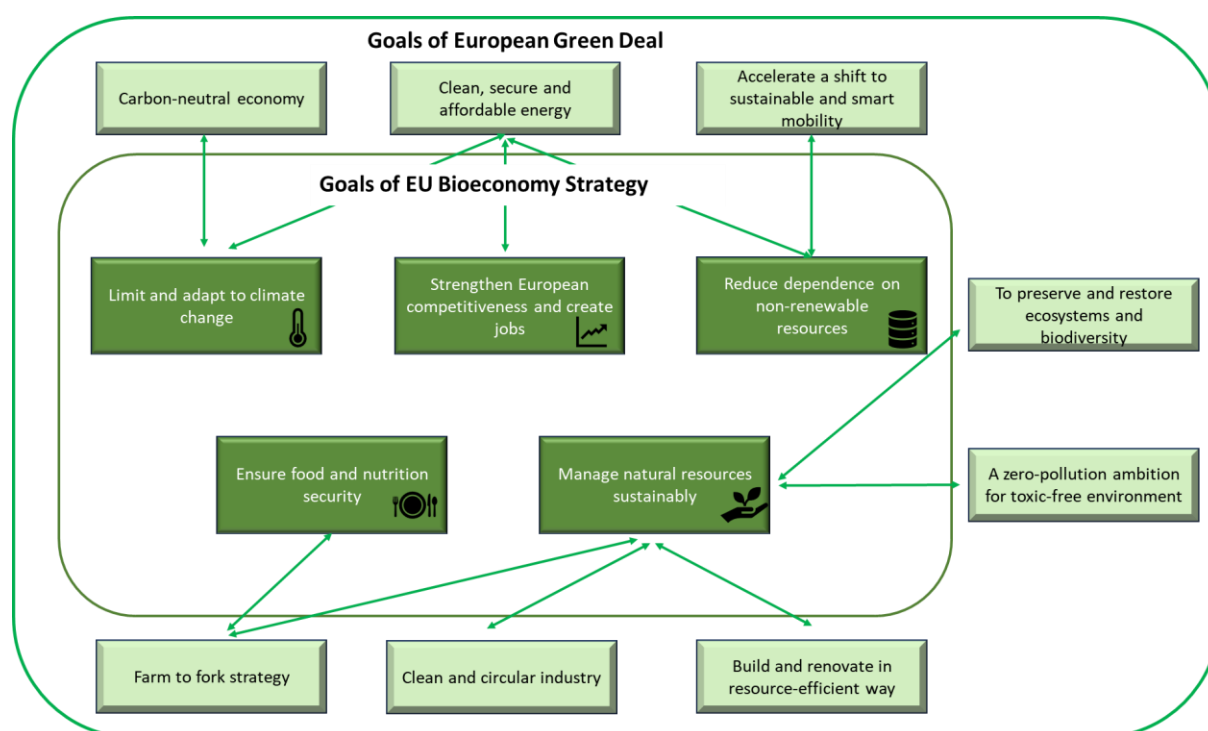
<sup>98</sup> Commission européenne (2019). Le Green Deal européen. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2019) 640 final.

<sup>99</sup> Commission européenne (2020a). Plan d'investissement pour une Europe durable - Plan d'investissement européen pour le marché vert. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2020) 21 final.

<sup>100</sup> Commission européenne (2020b). Une stratégie de la ferme à la table pour un système alimentaire équitable, sain et respectueux de l'environnement. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2020) 381 final.

uniforme des aliments durables, de réduire de moitié le gaspillage alimentaire par habitant et de promouvoir la recherche et l'innovation dans le domaine de la production alimentaire. Cependant, la communication politique récente a donné lieu à des spéculations selon lesquelles la Commission pourrait ne pas poursuivre des parties importantes de l'initiative, telles que le cadre annoncé pour un système alimentaire durable<sup>101</sup>. En outre, l'objectif du Green Deal sur la conservation et la restauration des écosystèmes et de la biodiversité fait pleinement référence à la bioéconomie. Le lien direct avec la stratégie 2018 pour la bioéconomie est son objectif de gestion durable de la biomasse. Elle a donné l'impulsion à une stratégie européenne pour la biodiversité à l'horizon 2030, publiée le 20 mai 2020<sup>102</sup>, préparant le terrain pour la proposition de règlement sur la restauration de la nature, publiée le 22 juin 2022<sup>103</sup>. Ce règlement prévoit des objectifs minimaux juridiquement contraignants pour la part des zones de l'UE à restaurer, ainsi que l'obligation pour les États membres d'élaborer des plans de restauration nationaux contraignants avec des sous-objectifs et des mesures concrètes. Après des débats controversés, un accord provisoire a été conclu en novembre 2023, définissant un objectif de restauration d'au moins 20 % des zones terrestres et maritimes de l'UE d'ici 2030<sup>104</sup>.

**Graphique 15: Liens entre les objectifs du Green Deal européen et la stratégie bioéconomique de l'UE**



Source : illustration personnelle.

<sup>101</sup> EURACTIV (2023). [Dossier sur l'agroalimentaire : La ferme à la fourchette est morte, vive le dialogue stratégique !](#) 15 septembre 2023.

<sup>102</sup> Commission européenne (2020c). Stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 - Ramener la nature dans nos vies. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2020) 380 final.

<sup>103</sup> Commission européenne (2022b). Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif à la restauration de la nature. COM(2022) 304 final.

<sup>104</sup> Conseil européen (2023). [Restauration de la nature : Le Conseil et le Parlement parviennent à un accord sur de nouvelles règles pour restaurer et préserver les habitats dégradés dans l'UE.](#) Communiqué de presse, 9 novembre 2023.



D'autres objectifs et initiatives du Green Deal ne visent pas exclusivement la bioéconomie, mais sont néanmoins très pertinents pour les chaînes d'approvisionnement biosourcées. Cela vaut pour l'objectif d'une industrie propre et circulaire. Comme expliqué dans la sous-section 2.2, l'utilisation de ressources biogènes comme matières premières industrielles dans la production de produits chimiques de base, de plastiques, etc. a non seulement le potentiel de réduire ou d'éviter les émissions nettes de substances nocives, mais offre également, pour certains produits, des options supplémentaires de fin de vie pour stimuler les principes de circularité dans les chaînes d'approvisionnement. Tout d'abord, la mise à jour du plan d'action pour l'économie circulaire, publiée le 11 mars 2020, a constitué une initiative majeure en matière de circularité<sup>105</sup>. Ce plan a annoncé de nombreuses propositions législatives spécifiques à des produits et à des secteurs afin de renforcer les chaînes d'approvisionnement circulaires, y compris dans des domaines pertinents pour la bioéconomie tels que la production alimentaire, l'emballage, les plastiques et les textiles. Cela a conduit, entre autres, à une proposition de révision du règlement relatif aux emballages et aux déchets d'emballages<sup>106</sup>, qui relève l'ambition des objectifs de recyclage et exige que les sacs de caisse en plastique très léger soient compostables, et à une proposition de révision de la directive-cadre relative aux déchets, qui fixe des objectifs supplémentaires pour la réduction des déchets dans les secteurs alimentaire et textile<sup>107</sup>. Deuxièmement, la stratégie de l'UE pour les plastiques dans l'économie circulaire publiée le 16 janvier 2018 visait spécifiquement à réduire les déchets plastiques et à améliorer la rentabilité du recyclage des plastiques dans l'UE<sup>108</sup>. À ce jour, elle a donné lieu à une directive interdisant l'utilisation de certains types de plastiques à usage unique, à des règles sur le site<sup>109</sup> limitant l'utilisation de microplastiques dans la production<sup>110</sup> et à une communication clarifiant les conditions d'utilisation appropriée des termes « biobased », « biodégradable » et « compostable » dans le contexte des matières plastiques<sup>111</sup>.

L'objectif du Green Deal d'établir une économie neutre en carbone interagit également de diverses manières avec la bioéconomie. Outre la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre grâce à son utilisation comme matière première et source de chaleur dans l'industrie, la biomasse produite de manière durable peut également contribuer à améliorer le bilan des GES dans les secteurs de l'énergie (biomasse dans la production d'électricité), du bâtiment (matériaux d'isolation biogènes) et des transports (biocarburants). Le centre législatif a été jusqu'à présent le paquet « Fit-for-55 », un ensemble complet de législations régies par l'objectif à moyen terme de l'UE d'atteindre une réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par rapport à 1990. Parmi les nombreuses

<sup>105</sup> Commission européenne (2020d). Un nouveau plan d'action pour l'économie circulaire - Pour une Europe plus propre et plus compétitive. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2020) 98 final.

<sup>106</sup> Schwind, S., Reichert, G. (2023). [Emballages et déchets d'emballages](#). cepPolicyBrief No.3/2023.

<sup>107</sup> Commission européenne (2023c). Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil modifiant la directive 2008/98/CE relative aux déchets. COM(2023) 420 final.

<sup>108</sup> Commission européenne (2018). Une stratégie européenne pour les matières plastiques dans une économie circulaire. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2018) 28 final.

<sup>109</sup> Union européenne (2019). Directive (UE) 2019/904 du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'impact de certains produits en plastique sur l'environnement.

<sup>110</sup> Union européenne (2023a). Règlement (UE) 2023/2055 de la Commission du 25 septembre 2023 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), en ce qui concerne les microparticules de polymères synthétiques.

<sup>111</sup> Commission européenne (2022c). Cadre politique de l'UE pour les plastiques biosourcés, biodégradables et compostables. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. COM(2022) 682 final.

propositions incluses, une référence particulière à la biomasse a été faite par le règlement sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF) adopté par le Conseil le 28 mars 2023<sup>112</sup>. Il fixe un objectif global spécifique au niveau de l'UE de 310 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> d'absorptions nettes dans le secteur UTCATF en 2030, avec des objectifs contraignants au niveau des États membres.

La version révisée de la directive sur les énergies renouvelables approuvée par le Conseil le 9 octobre 2023 met l'accent sur la nécessité d'éviter les distorsions du marché et les impacts négatifs sur la biodiversité en ce qui concerne l'utilisation de la biomasse comme source d'énergie<sup>113</sup>. À cette fin, l'utilisation en cascade de la biomasse est postulée comme un principe directeur, renforçant les critères de durabilité pour l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques. L'utilisation de « biocarburants avancés » produits à partir de biomasse non alimentaire est favorisée. Ces biocarburants sont définis de manière pragmatique sur la base d'une liste de matières premières figurant dans l'annexe de la directive révisée. Pour le secteur des transports, la directive fixe des objectifs minimaux combinés pour les États membres en ce qui concerne la part des biocarburants avancés, du biogaz et des carburants renouvelables d'origine non biologique (c'est-à-dire les carburants à base d'hydrogène renouvelable) dans l'énergie fournie au secteur des transports (2025 : 1 %, 2030 : 5,5 %). En outre, l'utilisation de carburants d'origine biologique dans l'aviation est spécifiquement encouragée par le règlement ReFuelEU Aviation, également approuvé le 9 octobre 2023<sup>114</sup>. Ce règlement oblige les fournisseurs de carburant d'aviation à veiller à ce que des parts minimales de carburants durables soient présentes dans tout le carburant d'aviation fourni aux exploitants d'aéronefs, ces parts minimales augmentant progressivement de 2025 (2 %) à 2050 (70 %). Les biocarburants certifiés sont reconnus comme faisant partie de ce groupe de carburants durables.

Enfin, indépendamment du paquet « Fit-for-55 », la communication sur une initiative en faveur de cycles de carbone durables, publiée en décembre 2021, donne également des impulsions importantes pour l'avenir de la bioéconomie<sup>115</sup>. Elle demande l'élaboration et la mise en œuvre d'une méthodologie normalisée pour le suivi, la déclaration et la vérification des gains de carbone et du carbone dans la production de biomasse agricole. En outre, il définit pour la première fois un objectif concret de remplacement des ressources fossiles dans la production de produits chimiques et de plastiques, indiquant que d'ici 2030, au moins 20 % du carbone utilisé dans la production de ces produits dans l'UE devrait provenir de ressources durables non fossiles, y compris de la biomasse produite de manière durable.

**Ainsi, le Green Deal agit comme un amplificateur de la stratégie de bioéconomie dans plusieurs dimensions.** Premièrement, il fournit des canaux de financement public-privé supplémentaires pour la commercialisation des nouvelles technologies biosourcées et des chaînes de valeur associées. Deuxièmement, il stimule le déploiement de solutions biosourcées grâce à un ensemble d'incitations

---

<sup>112</sup> Union européenne (2023b). Règlement (UE) 2023/839 modifiant le règlement (UE) 2018/841 en ce qui concerne le champ d'application, la simplification des règles de déclaration et de conformité et la fixation des objectifs des États membres pour 2030, et le règlement (UE) 2018/1999 en ce qui concerne l'amélioration de la surveillance, de la déclaration, du suivi des progrès et de l'examen.

<sup>113</sup> Union européenne (2023c). Directive (UE) 2023/2413 du Parlement européen et du Conseil du 18 octobre 2023 modifiant la directive (UE) 2018/2001, le règlement (UE) 2018/1999 et la directive 98/70/CE en ce qui concerne la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, et abrogeant la directive (UE) 2015/652 du Conseil.

<sup>114</sup> Union européenne (2023d). Règlement (UE) 2023/2405 du Parlement européen et du Conseil du 18 octobre 2023 visant à garantir des conditions de concurrence équitables pour un transport aérien durable (ReFuelEU Aviation).

<sup>115</sup> Commission européenne (2021). Cycles durables du carbone. Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil. (2021) 800 final.



réglementaires nouvelles ou renforcées, allant des réformes globales (par exemple, réforme du système d'échange de quotas d'émission, objectifs plus ambitieux en matière d'énergies renouvelables) à des objectifs et des quotas d'utilisation spécifiques à certaines applications. Troisièmement, en différenciant le point de vue réglementaire sur les solutions biologiques en fonction de l'origine de la biomasse, des pratiques culturales et du sort en fin de vie, elle renforce l'importance centrale de la durabilité et de la circularité en tant que principes directeurs pour la formation des futures chaînes d'approvisionnement.

Dans son examen de la stratégie pour la bioéconomie en 2022, la Commission a constaté des progrès globaux dans le développement de la bioéconomie de l'UE dans le cadre du « Green Deal », notamment en ce qui concerne les investissements publics et privés dans la recherche et l'innovation<sup>116</sup>. Dans le même temps, elle a mis en évidence des défis spécifiques pour les chaînes d'approvisionnement biosourcées qui restent à relever, dont certains ont été exacerbés par les récents développements politiques (guerre en Ukraine, perturbations de la chaîne d'approvisionnement, situation géopolitique générale) et leur impact sur la stratégie globale de l'UE (la résilience en tant que paradigme politique). Le premier défi réside dans les restrictions technologiques accrues pour la culture de la biomasse. Afin de respecter les objectifs de durabilité du « Green Deal », le secteur UTCATF devra à l'avenir tenir encore plus compte des limites écologiques dans la gestion des terres et, dans le même temps, orienter l'utilisation des terres vers une contribution positive au bilan des gaz à effet de serre (pratiques agricoles basées sur le carbone) et à l'adaptation au changement climatique. Il en résulte une pression technologique pour l'adaptation et un besoin d'investissement correspondant. Cette situation est exacerbée par le deuxième défi, à savoir la demande croissante de biomasse domestique. Celle-ci résulte à la fois de la croissance des applications biosourcées dans l'industrie et du besoin croissant de sécurité d'approvisionnement dans le domaine des besoins fondamentaux (alimentation, énergie). Le troisième défi se traduit par des restrictions dans l'accès des acteurs de l'industrie à d'autres ressources clés : la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée et de capitaux pour la phase de commercialisation des innovations biotechnologiques (voir sous-section 2.4).

## 5 Implications politiques

### 5.1 Champs d'action

La discussion qui précède brosse un tableau clair du rôle de la bioéconomie dans la stratégie industrielle à long terme de l'UE. La diversité des chaînes d'approvisionnement biologiques innovantes n'est pas seulement un atout important pour le maintien de la compétitivité et de la capacité d'innovation à l'ère post-fossile. Elle se caractérise par le fait que, si elle est gérée judicieusement, elle peut contribuer simultanément aux objectifs de sécurité d'approvisionnement, de circularité de l'utilisation des ressources et de pénétration du marché par des méthodes agricoles durables. Toutefois, une approche réglementaire ciblée et orientée vers le marché est nécessaire pour tirer parti de ce potentiel. **L'objectif doit être de supprimer les obstacles à l'exploitation des économies d'échelle dans les technologies biologiques durables et de créer ainsi les conditions d'une concurrence véritablement équitable avec les modèles commerciaux établis.** Il s'agit d'une tâche extrêmement complexe. Notre analyse précédente a montré que le développement de nouvelles chaînes d'approvisionnement biosourcées se heurte à des obstacles à tous les niveaux. Pour les surmonter, il faut un ensemble de mesures diverses.

<sup>116</sup> Voir Commission européenne (2022a).

La stabilité inhérente aux structures d'agglomération établies (voir sous-section 2.3) impose des restrictions supplémentaires aux initiatives de politique régionale.

**Tout d'abord, une approche politique globale et cohérente au niveau de l'UE et des États membres est nécessaire pour remédier à la fragmentation du paysage réglementaire.** Elle doit reposer sur une vision claire de la bioéconomie durable de l'UE, appliquée de manière cohérente dans tous les projets politiques. Cela devrait impliquer une perspective intégrée de la chaîne d'approvisionnement, évaluant à la fois les impacts économiques et écologiques du point de vue du cycle de vie. Dans le même temps, l'architecture des chaînes d'approvisionnement doit être considérée comme dynamique. Le maintien de leur contribution à la création de valeur nécessite une innovation constante en matière de produits et de processus. **Cela ne peut se faire que si l'Europe atteint une position de leader mondial à tous les stades du processus d'innovation, de la recherche fondamentale à la commercialisation.**

Dans le cadre d'un tel concept de politique de bioéconomie, des champs d'action concrets doivent être développés pour traduire la vision de l'avenir en une relation cohérente entre les objectifs et les instruments. Conformément à nos résultats fondamentaux précédents, nous identifions trois champs d'action (voir figure 16). Le **premier domaine met en évidence la perspective des ressources.** Les chaînes d'approvisionnement nationales biosourcées ne peuvent prospérer que si l'accès aux intrants essentiels est garanti. Cela ne s'applique pas seulement à la biomasse générée de manière durable en tant que matière première clé. La disponibilité de capital-risque et de travailleurs suffisamment qualifiés est tout aussi importante pour la mise en œuvre et l'élargissement des modèles d'entreprise.

**Le deuxième domaine est le développement du marché.** Pour compenser au moins partiellement les désavantages concurrentiels des solutions biologiques durables mais à un stade précoce dans le cadre des structures actuelles du marché, la segmentation réglementaire du marché peut être la bonne stratégie. Toutefois, elle doit être soigneusement mise en balance avec la nécessité d'éviter des charges financières insupportables pour les consommateurs et les industries en aval. Il est essentiel de renforcer les signaux du marché en améliorant le flux d'informations.

**Le troisième domaine est l'expansion des réseaux de coopération au sein des chaînes de valeur et entre elles.** La maîtrise de la complexité technologique des processus et de leurs effets secondaires sociaux nécessite un échange continu. Une politique qui encourage la formation de réseaux de coopération stables peut contribuer à la robustesse des chaînes de valeur nationales et - comme le suggère notre analyse empirique - même accroître la capacité d'innovation. Il ne s'agit pas seulement de promouvoir la coopération entre les acteurs privés. Certains réseaux nécessitent l'implication active d'acteurs de la sphère politique, comme la nécessité d'une coopération réglementaire au sein de l'UE et au niveau mondial.

## Graphique 16: Principaux domaines d'action politique pour la bioéconomie de l'UE



Source : illustration personnelle

## 5.2 Recommandations

Pour transformer les domaines stratégiques en actions politiques concrètes, l'UE doit se pencher sur toutes les étapes des chaînes de valeur biosourcées. Dans ce qui suit, nous formulons des propositions concrètes d'instruments destinés à lever des obstacles spécifiques à certaines étapes de la chaîne de valeur (voir l'aperçu de la figure 17).

- **Améliorer l'offre de compétences** : Les goulets d'étranglement dans l'offre de jeunes talents et de professionnels expérimentés pour la recherche et la production biotechnologiques doivent être surmontés de manière ciblée. Une étape importante consiste à développer des programmes d'études universitaires étroitement adaptés aux besoins d'un secteur fortement axé sur la recherche. Les programmes de master spécialisés qui impliquent un échange intensif avec les entreprises manufacturières locales peuvent jeter les bases d'« usines à talents » régionales, en surmontant les problèmes d'adéquation sur les marchés du travail locaux et en fournissant aux entreprises un flux fiable de travailleurs hautement qualifiés. Dans le même temps, le soutien à l'amélioration et à la requalification de la main-d'œuvre existante doit être étendu. Les centres de formation spécialisés qui se concentrent sur les compétences pratiques manquantes (par exemple, les compétences en laboratoire) peuvent réduire les coûts globaux de recyclage résultant des changements structurels grâce à des économies d'échelle. Il est judicieux d'organiser ces centres sous la forme de partenariats public-privé, afin de faire face au risque de sous-investissement du côté de l'entreprise (génération d'externalités positives). En outre, cela permet aux régions d'influer sur le contenu de la formation et de créer une meilleure cohérence avec la stratégie de développement économique régional. Pour le recrutement de travailleurs qualifiés originaires de pays non membres de l'UE, des campagnes de recrutement globales sont nécessaires pour faire connaître les avantages qu'il y a à travailler et à vivre dans l'UE. À l'avenir, ces campagnes devraient se traduire par une plus grande harmonisation des politiques d'immigration des travailleurs hautement qualifiés, y compris des programmes communs de soutien à l'organisation de la migration vers l'Europe.

- **Renforcer le financement par le capital-risque** : L'accès au capital-risque est un facteur décisif pour la commercialisation des innovations biotechnologiques sous la forme de start-ups et leur montée en puissance (voir le point 2.4). Il peut être considérablement amélioré par une couverture partielle des risques de rendement par l'État, en fournissant des garanties de crédit ou des fonds propres. À long terme, cela contribuera également à renforcer la culture du capital-risque privé en Europe. L'UE devrait élargir les canaux de financement existants de manière ciblée dans le cadre du plan d'investissement pour le marché vert. Les investissements de la BEI dans des fonds de capital-risque gérés par le secteur privé et soutenus par des acteurs expérimentés de l'industrie sont un bon moyen d'assurer une utilisation ciblée des fonds. Afin d'éviter les conflits avec les autres objectifs du Green Deal (voir sous-section 4.2), des exigences transparentes en matière de durabilité doivent être définies pour les projets d'investissement potentiels, notamment en ce qui concerne l'origine de la biomasse et l'existence de filières de recyclage. Le Fonds pour la bioéconomie circulaire est un modèle à cet égard (voir la section 4.1) et devrait être développé en permanence. En outre, les États membres devraient examiner les possibilités d'incitations fiscales ciblées pour le capital-risque (par exemple, le traitement des reports de pertes en cas de changement d'actionnaire) dans le cadre de leurs systèmes fiscaux nationaux.
- **Promouvoir la coopération en matière de recherche** : Des analyses empiriques récentes soulignent la grande importance de la coopération pour l'efficacité des efforts de recherche, à la fois en général et spécifiquement pour le secteur de la bioéconomie (voir section 3). Pour la bioéconomie, un segment transversal qui s'appuie sur de nombreux domaines technologiques et canaux de connaissance, la coopération en matière de recherche a toujours plusieurs dimensions. Elle comprend la coopération entre les pôles biotechnologiques de différentes régions et de différents États membres, ainsi que la coopération entre les institutions (entreprises, instituts de recherche privés, universités) et les disciplines (sciences naturelles, ingénierie, mathématiques, etc.). Compte tenu de la concurrence avec des nations biotechnologiques très actives dans la recherche, telles que les États-Unis, le Japon et la Corée du Sud (voir le point 3.2), l'Europe doit unir ses forces et exploiter le potentiel de coopération dans toutes les dimensions. Par conséquent, une tâche importante des politiques de R&D de l'UE est de stimuler la coopération en matière de recherche à tous les niveaux. Dans ce contexte, la promotion ciblée de la recherche axée sur les problèmes, interdisciplinaire et internationale par le biais du programme-cadre de recherche de l'UE Horizon Europe est la bonne approche. À l'avenir, elle devrait toutefois s'accompagner de mesures d'évaluation encore plus importantes. Celles-ci ne devraient pas se limiter aux résultats immédiats de la recherche (par exemple, les mesures de brevetage), mais englober toutes les étapes de la chaîne de l'innovation jusqu'à la mise à l'échelle réussie de nouvelles solutions commerciales résultant de projets de R&D.
- **Étendre la surveillance environnementale** : Les solutions biosourcées innovantes ne pourront compenser les désavantages liés aux coûts sur les marchés que si la confiance dans la durabilité de leurs chaînes d'approvisionnement est généralisée. Pour ce faire, il est nécessaire de surveiller et de documenter les incidences du cycle de vie sur l'environnement. L'extraction de la biomasse utilisée est une étape particulièrement critique, non seulement en ce qui concerne le bilan global des gaz à effet de serre, mais aussi en ce qui concerne les éventuels effets environnementaux locaux de la gestion des terres, tels que les incidences sur la biodiversité et le rôle des changements indirects dans l'utilisation des terres (voir le point 2.4). À cet égard, l'UE peut contribuer à combler les lacunes et les asymétries en matière d'information en élaborant une méthodologie

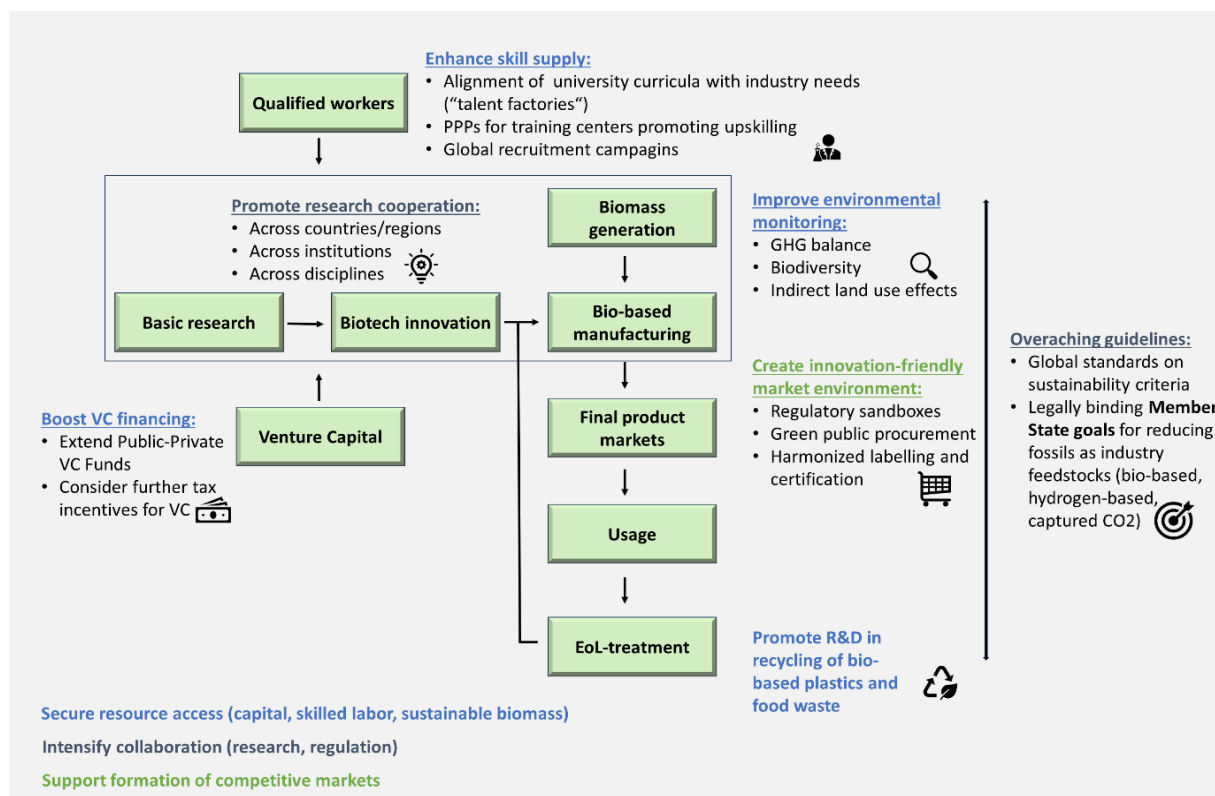
normalisée et un cadre de certification associé (voir par exemple la législation actuelle sur la certification de l'absorption du carbone). Ce faisant, la diversité des produits et de leurs effets potentiels sur l'environnement représente sans aucun doute un défi majeur. Cela nécessite une coopération étroite entre les régulateurs, les organismes de certification et les parties prenantes de l'industrie.

- **Créer un environnement de marché favorable à l'innovation** : Pour inciter à l'investissement dans le développement de solutions durables (par exemple, le passage à des matières premières biologiques de deuxième ou troisième génération), il faut offrir une perspective de compensation à long terme des coûts de développement élevés. Dans le même temps, l'effet de pilotage de la demande par les mécanismes de prix doit être maintenu. Cela nécessite une segmentation du marché, afin de parvenir à des prix d'équilibre plus élevés pour les produits biosourcés générés de manière durable. Du point de vue du consommateur, la première condition préalable est une différenciation transparente des produits. Le cadre de certification susmentionné peut servir de base à l'étiquetage des produits. Outre la transparence, le développement d'un tel segment de marché peut être directement soutenu par des politiques axées sur la demande, par exemple par des règles spécifiques pour les marchés publics écologiques. La difficulté consiste à concilier les principes de durabilité avec les objectifs généraux de rentabilité et de compétitivité des marchés publics. Le débat sur des réglementations similaires dans le cadre de la loi sur l'industrie nette zéro peut fournir une expérience à cet égard<sup>117</sup>. Enfin, le concept de bacs à sable réglementaires, qui a déjà été testé dans d'autres domaines technologiques (par exemple l'hydrogène), peut être appliqué à la phase d'essai des biotechnologies innovantes afin de tester leur viabilité dans un environnement de marché personnalisé (par exemple en renonçant à certaines exigences techniques de processus).
- **Promouvoir la R&D dans le domaine du recyclage des plastiques biosourcés et des déchets alimentaires** : Les solutions biosourcées ne peuvent contribuer à la création de chaînes d'approvisionnement durables que si elles offrent des possibilités de recyclage économique des produits finis. Dans certains segments de la bioéconomie, tels que les plastiques biosourcés, les coûts élevés empêchent encore la croissance des capacités de recyclage (voir le point 2.4). La recherche et l'expérimentation de méthodes visant à accroître l'efficacité matérielle et énergétique des processus de recyclage doivent donc être encouragées de manière cohérente. Cela sera également bénéfique pour l'équilibre environnemental et donc pour l'image de durabilité des produits. En outre, il convient de promouvoir le développement de chaînes d'approvisionnement pour l'utilisation des déchets alimentaires au-delà de l'industrie alimentaire, afin de fournir des solutions innovantes de matières premières à base de déchets avec une base de ressources stable pour la montée en puissance du marché.
- **Établir des lignes directrices générales** : Les différentes composantes d'une stratégie politique axée sur la chaîne d'approvisionnement nécessitent un contrôle centralisé par le biais d'un système de suivi. Par analogie avec les stratégies existantes pour la promotion des énergies renouvelables ou l'approvisionnement national en matières premières essentielles, des objectifs quantitatifs devraient servir de référence. Dans l'intérêt de l'ouverture technologique, ces objectifs ne devraient pas se limiter exclusivement à la production de produits d'origine biologique. Les

<sup>117</sup> Commission européenne (2023d). Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre de mesures destiné à renforcer l'écosystème européen de fabrication de produits à technologie nette zéro (Net Zero Industry Act) (COM(2023) 161 final).

objectifs contraignants devraient plutôt se concentrer sur la réduction de l'utilisation des matières premières fossiles, par exemple dans la production de produits chimiques et de plastiques. L'utilisation d'hydrogène renouvelable ou de CO<sub>2</sub> recyclé, en tant qu'alternatives ou compléments aux solutions biosourcées, devrait également être reconnue pour atteindre ces objectifs. La Commission a déjà formulé un tel objectif dans son initiative sur les cycles de carbone durables (voir le point 4.2), mais uniquement à l'échelle de l'UE et sous une forme juridiquement non contraignante. S'il est traduit en objectifs contraignants au niveau des États membres, il peut constituer la base d'une obligation pour chaque État membre de prendre des mesures nationales appropriées. Bien entendu, le niveau de l'objectif et son calendrier doivent être choisis de manière réaliste. En outre, l'UE devrait œuvrer au renforcement de la gouvernance mondiale des industries biologiques afin de garantir à la bioéconomie européenne des conditions de concurrence équitables sur les marchés internationaux. Cela implique des efforts pour harmoniser les critères de durabilité, mais aussi des plans d'action mondiaux concrets tels que les négociations actuelles sur un traité des Nations unies contre la pollution plastique<sup>118</sup>.

**Graphique 17: Recommandations d'actions politiques le long des chaînes de valeur biosourcées**



Source : illustration personnelle

## 6 Conclusion

Assurer la compétitivité à long terme d'une base industrielle européenne en pleine mutation est l'un des principaux défis que l'UE devra relever dans les années à venir. La multitude de risques mondiaux interdépendants exige que la diversification verte devienne un principe fondamental de toute stratégie

<sup>118</sup> PNUE (2022). [Comité intergouvernemental de négociation sur la pollution plastique](#). Programme des Nations unies pour l'environnement.

industrielle. La bioéconomie, terme générique désignant les chaînes de valeur fondées sur l'utilisation de ressources biologiques, a le potentiel, jusqu'à présent négligé, de devenir un pilier central du « Green Deal » de l'UE. Au-delà des canaux d'utilisation traditionnels, les applications biosourcées ont depuis longtemps pénétré des segments tels que la production de produits chimiques de base, de plastiques et de carburants. En remplaçant des matières premières limitées par des matières premières renouvelables, elles ne se contentent pas de réduire l'empreinte carbone des chaînes d'approvisionnement industrielles. Elles contribuent également à réduire la dépendance à l'égard de l'approvisionnement externe en combustibles fossiles et, grâce à l'utilisation de déchets biogènes et de résidus agricoles comme matières premières, créent des options supplémentaires pour des cycles de matériaux en boucle fermée qui soutiennent l'efficacité globale des ressources.

Dans le même temps, cependant, le segment biosourcé de l'industrie manufacturière européenne est confronté à de multiples obstacles à la croissance. Certains d'entre eux sont de nature générale. En raison de la longueur des phases de développement et de la forte intensité de connaissances de la production, la pénurie croissante de main-d'œuvre qualifiée spécialisée et la faible liquidité des marchés de capital-risque dans l'UE représentent des contraintes particulièrement fortes pour les solutions biotechnologiques émergentes. En outre, certains segments biosourcés sont confrontés à des défis spécifiques à la chaîne d'approvisionnement concernant la durabilité de l'extraction de la biomasse et l'hétérogénéité des propriétés des produits, ce qui implique des exigences élevées en matière d'information de la part des utilisateurs. En plus de surmonter les obstacles nationaux à la croissance du marché, l'Europe doit maintenir sa position dans la course mondiale à l'innovation dans le domaine des biotechnologies afin de garantir un nouveau potentiel de création de valeur grâce à son leadership technologique. À cet égard, notre analyse des données mondiales sur les brevets montre que, malgré quelques percées récentes impressionnantes, l'UE a perdu du terrain en termes quantitatifs par rapport à des concurrents mondiaux comme la Chine et les États-Unis. Les décideurs politiques devraient prendre des mesures fondées sur un suivi attentif des facteurs de réussite des régions hautement innovantes. Notre analyse empirique des déterminants de l'innovation biotechnologique montre que les groupements biotechnologiques à forte intensité de recherche dans l'UE ont tendance à présenter certaines caractéristiques communes : une forte dotation en ressources humaines dans le domaine de la science et de la technologie, un niveau d'éducation globalement élevé au sein de la population et un degré élevé de coopération suprarégionale dans le domaine de la recherche. Compte tenu des fortes économies d'agglomération, les efforts politiques visant à renforcer le potentiel global d'innovation biotechnologique devraient se concentrer sur le développement de ces atouts spécifiques à la région.

En résumé, pour libérer le potentiel de croissance de la bioéconomie face à cette multitude de défis, il faut une stratégie axée sur la chaîne de valeur, qui s'attaque aux obstacles depuis les premiers stades du développement jusqu'aux marchés des produits finaux. Les instruments politiques classiques de l'UE, tels que le soutien financier à la recherche fondamentale et la création de plateformes de parties prenantes, doivent être complétés par des actions ciblées et coordonnées à tous les stades pertinents des chaînes de valeur biosourcées. La présente contribution propose trois domaines d'action qui constitueront les futures pierres angulaires d'une telle stratégie holistique. Le premier consiste à éliminer les obstacles à l'accès aux ressources, en se concentrant sur l'offre de capital-risque, de main-d'œuvre qualifiée et de biomasse durable, qui constituent des goulets d'étranglement critiques. Le deuxième domaine est axé sur la formation du marché, en garantissant des conditions de concurrence équitables

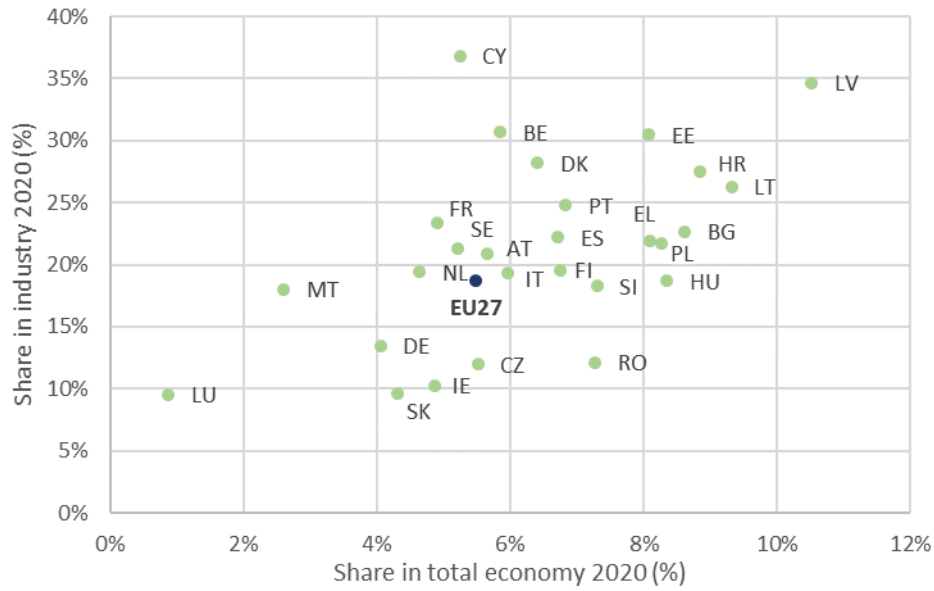


pour les solutions biosourcées qui reconnaissent leur rôle essentiel dans le cadre du Green Deal. Le troisième domaine vise à renforcer la coopération entre les parties prenantes. Cela concerne à la fois la promotion de la coopération en matière de recherche entre les régions, les disciplines et les institutions, et la coopération réglementaire entre l'UE et les États membres.

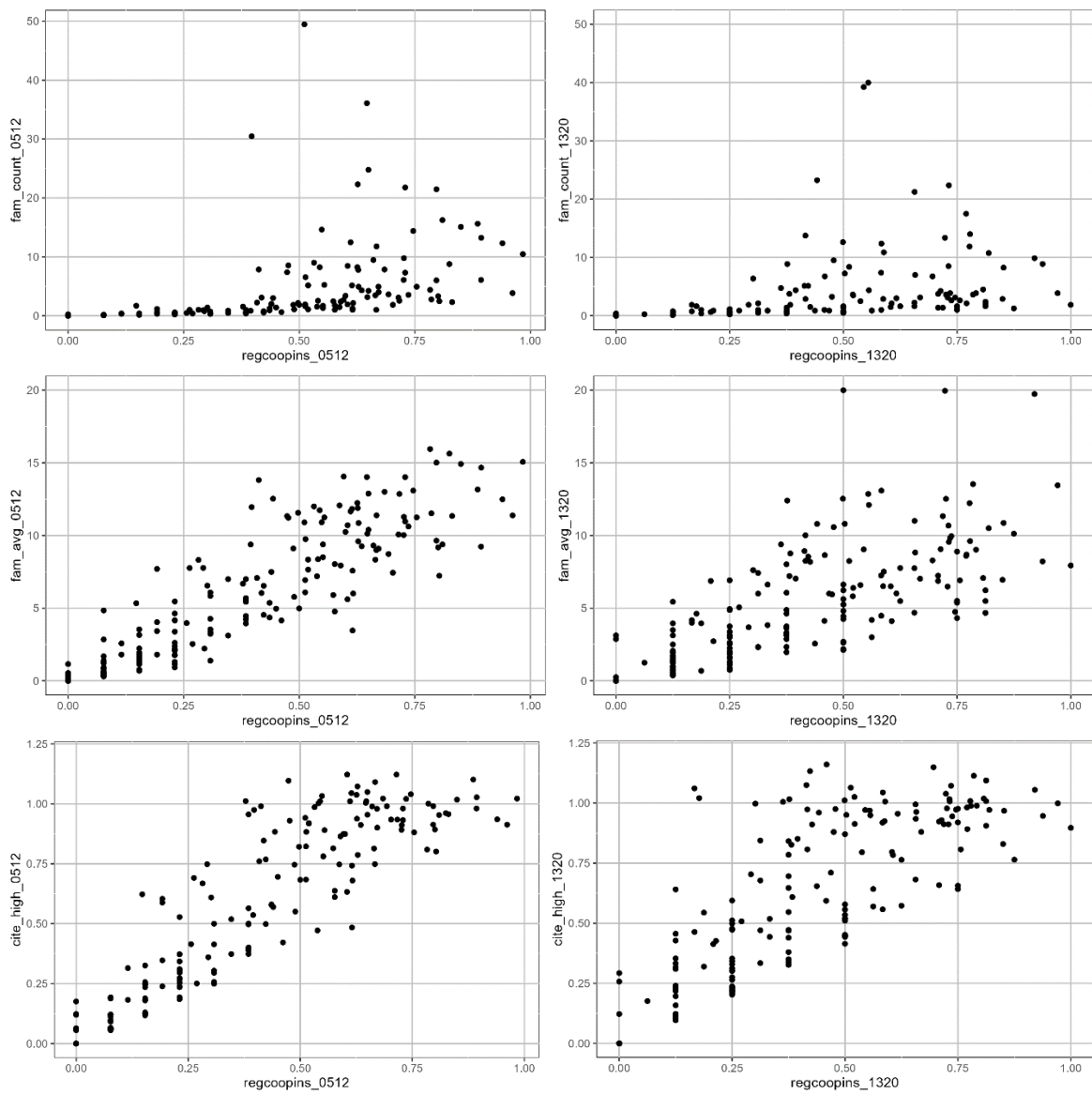
L'ensemble des instruments proposés souligne la nécessité d'échapper à la logique classique des subventions passives. Au lieu de cela, les processus politiques doivent prendre la forme d'un engagement actif et continu avec les parties prenantes de l'industrie, en s'attaquant aux barrières technologiques spécifiques à la formation du marché par le biais d'initiatives communes (par exemple, les PPP, le financement public-privé du capital-risque) et l'échange de connaissances. Une approche aussi complexe nécessite des principes directeurs. À cet égard, les systèmes d'objectifs de l'UE établis pour les réductions d'émissions et, plus récemment, pour les matières premières essentielles, représentent un modèle approprié pour les politiques de bioéconomie. Des objectifs ambitieux, mais réalistes, fixés par les États membres pour remplacer les ressources fossiles utilisées comme matières premières industrielles par des solutions durables (y compris, mais sans s'y limiter, des solutions durables fondées sur la biotechnologie) constituent un pas dans la bonne direction. Parallèlement, l'UE doit peser de tout son poids sur la scène internationale pour faire respecter les normes visant à créer un environnement concurrentiel équitable pour les solutions biosourcées sur les marchés mondiaux.

## 7 Annexe

Graphique A1: Part de la bioéconomie dans la valeur ajoutée nationale 2020 par État membre



Source : CCR (2024) ; calculs personnels : CCR (2024) ; calculs personnels.

**Graphique A2: Mesures des performances en matière d'innovation et intensité de la coopération interrégionale**

Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; calculs personnels.

**Tableau A1: Déterminants de l'innovation biotechnologique régionale - Résultats de la régression Tobit modèle 1**

	Variables dépendantes								
	fam_count			fam_avg			compte_cité		
	Estima- tion	Erreur std.	Valeur p	Estima- tion	Erreur std.	Valeur p	Estima- tion	Erreur std.	Valeur p
<b>Régresseurs</b>									
intercepter	-1.0369	0.2409	0.000016***	-0.9119	0.3302	0.005747**	-0.5583	0.2783	0.044810*
inv_count (lag)	0.5927	0.0178	<0.000001***	0.0564	0.0188	0.002630**	-0.0163	0.0153	0.286059
HRST (décalage)	0.5560	0.0471	<0.000001***	0.2494	0.0579	0.000017***	0.3011	0.0485	<0.000001***
tert_ed (lag)	0.5476	0.2117	0.009685**	1.1513	0.2807	0.000041***	1.2518	0.2335	<0.000001***
PIB_pc (décalage)	0.1751	0.1553	0.259306	0.4256	0.2067	0.039516*	0.1190	0.1730	0.491616
reg_coopins (lag)	0.4072	0.0764	<0.000001***	0.9480	0.1078	<0.000001***	0.8610	0.0925	<0.000001***
tech_coopins (lag)	0.0162	0.2420	0.946766	0.0910	0.3426	0.790588	0.3141	0.3036	0.300983
R <sup>2</sup> Cox-Snell		0.772			0.521			0.527	
Pas d'observations		2212			2212			2212	

Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; Eurostat (2024c) : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; Eurostat (2024c) ; calculs personnels.  
Codes de signification : 0,001 '\*\*\*' 0,01 '\*\*' 0,05 '\*'

**Tableau A2: Déterminants de l'innovation biotechnologique régionale - Résultats de la régression Tobit modèle 2**

	Variables dépendantes								
	fam_count			fam_avg			compte_cité		
	Estima- tion	Erreur std.	Valeur p	Estima- tion	Erreur std.	Valeur p	Estima- tion	Erreur std.	Valeur p
<b>Régresseurs</b>									
intercepter	0.3319	0.1507	0.027661*	-0.0047	0.2742	0.986365	0.3368	0.2050	0.100390
inv_count (lag)	0.1273	0.0152	<0.000001***	-0.0028	0.0233	0.903852	-0.0334	0.0168	0.047005*
HRST (décalage)	0.2055	0.0297	<0.000001***	0.1272	0.0494	0.010040*	0.1931	0.0357	<0.000001***
tert_ed (lag)	-1.0059	0.1383	<0.000001***	-0.8417	0.2477	0.000679***	-0.6048	0.1814	0.000856***
tert_ed (lag) X inv_count (lag)	0.48130	0.0118	<0.000001***	0.0755	0.0174	0.0000142***	0.0461	0.0125	0.000234***
PIB_pc (décalage)	-0.0450	0.0947	0.635044	0.2590	0.1704	0.128532	-0.0470	0.1250	0.706722
reg_coopins (lag)	0.2589	0.0482	<0.000001***	0.4705	0.0899	<0.000001***	0.3075	0.0645	<0.000001***
tert_ed (lag) X reg_coopins (lag)	1.2455	0.0500	<0.000001***	2.6592	0.0915	<0.000001***	2.4138	0.0654	<0.000001***
tech_coopins (lag)	0.1109	0.1570	0.480136	0.0983	0.2800	0.725594	0.1944	0.2031	0.338318
R <sup>2</sup> Cox-Snell		0.890			0.686			0.723	
Pas d'observations		2212			2212			2212	

Sources : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; Eurostat (2024c) : OEB (2024) ; OCDE (2024b) ; Eurostat (2024c) ; calculs personnels.  
Codes de signification : 0,001 '\*\*\*' 0,01 '\*\*' 0,05 '\*'

**Auteur :**

Dr. André Wolf

Chef de la division « Technologie, infrastructure et développement industriel »

[wolf@cep.eu](mailto:wolf@cep.eu)

Traduit depuis l'allemand par Thomas Plancq, chargé de communication

**Centrum für Europäische Politik** FREIBURG | BERLIN

Kaiser-Joseph-Straße 266 | D-79098 Freiburg

Schiffbauerdamm 40 Raum 4315 | 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 constituent le **réseau des centres de politique européenne** FREIBURG | BERLIN | PARIS | ROMA.

Le Centre de politique européenne analyse et évalue la politique de l'Union européenne en tenant compte des intérêts partisans et politiques dans une perspective d'intégration fondamentale et sur la base des fondements politiques ordonnés d'une organisation libre et économique.