

Étude du cep

N° 5 | 2024

16 juillet 2024

Les vallées d'accélération de la neutralité carbone en Europe

Analyse des facteurs de localisation et des politiques de regroupement des régions de l'UE

André Wolf



shutterstock/Doidam 10

Avec le Net-Zero Industry Act, l'UE a mis en place une boîte à outils stratégique dans le but d'augmenter les capacités de production nationales dans des technologies clés, telles que les batteries, les électrolyseurs et les turbines éoliennes, et de parvenir à un avenir stable sur le plan climatique. L'un des éléments de cette boîte à outils est l'idée de promouvoir de nouveaux clusters de productions régionales pour les technologies neutres en carbone, appelées « vallées d'accélération de la neutralité carbone ». Cette étude analyse les conditions d'implantation des futurs clusters en Europe et fournit des recommandations pour un cadre européen favorable.

Principaux résultats :

- ▶ La concentration spatiale des industries neutres en carbone dans des clusters multi-technologiques spécialisés est une stratégie prometteuse pour améliorer la compétitivité globale de l'Europe dans les technologies clés pour la transition verte. La forte intensité de connaissances de ces industries et leur besoin d'intrants et de compétences spécialisés promettent des avantages significatifs en termes d'agglomération à l'échelle de l'industrie.
- ▶ Pour l'émergence de futures clusters industriels neutres en carbone, les conditions régionales de départ les plus pertinentes comprennent la structure économique dominante et la qualité des services d'infrastructure publique. À cet égard, l'étude révèle une fracture régionale significative. Les macrorégions d'Europe centrale spécialisées dans l'industrie manufacturière de haute technologie ont un net avantage à ces deux égards. C'est notamment le cas du sud-ouest de l'Allemagne, du nord de l'Italie, de l'Autriche, du Danemark et de la République tchèque.
- ▶ Pour éviter une course aux subventions entre les États membres et les régions, les politiques de clusters nécessitent une coopération et une coordination au niveau de l'UE. À cette fin, la plateforme Net-Zero Europe devrait devenir une institution de gouvernance. Son objectif ultime devrait être la mise en place d'un réseau de pôles de production qui exploite de manière optimale les avantages comparatifs des régions de l'UE.
- ▶ Pour soutenir l'augmentation des capacités de production nationales, des impulsions de la demande basées sur le marché sont nécessaires. Une application cohérente des critères de résilience dans les marchés publics et l'introduction d'une nouvelle forme de contrats pour différence visant à augmenter la demande privée sont des mesures appropriées.

Table des matières

1	Contexte	3
2	Les lois « Net-Zero Industry Act » et STEP	5
3	Économie des clusters	7
3.1	Types d'économies d'agglomération.....	7
3.2	Potentiel et limites des politiques de clusters	10
3.3	Environnement pour les pôles technologiques neutres en carbone	13
4	Analyse du potentiel des clusters d'entreprises pour les régions de l'UE	15
4.1	Méthodes et données	15
4.2	Résultats	20
4.2.1	Infrastructures publiques	20
4.2.2	Liens avec l'industrie	23
4.2.3	Évaluation comparative.....	26
5	Recommandations pour un cadre européen favorable	30
6	Conclusion	36
7	Annexe	39

Table des illustrations

Graphique 1: Aperçu des types de politiques de développement des clusters.....	13
Graphique 2: Système de facteurs de localisation fondamentaux pour les vallées industrielles de la neutralité carbone.....	15
Carte 3: Qualité des infrastructures dans les régions NUTS-2 de l'UE (moyenne géométrique).....	21
Graphique 4: Comparaison de la qualité des infrastructures et de l'industrie de haute technologie dans les régions NUTS-2 de l'UE	22
Graphique 5: Qualité des infrastructures dans les régions NUTS-2 de l'UE dotées de sites de production de batteries et de systèmes photovoltaïques.....	23
Graphique 6: Composition des clusters technologiques.....	24
Carte 7: Densité d'emploi pour les groupes industriels identifiés dans les régions NUTS-2 de l'UE (2020)	25
Graphique 8: Distribution de la spécialisation régionale dans les industries neutres en carbone.....	27
Graphique 9: Performance moyenne des infrastructures dans les régions à fort potentiel par rapport aux autres régions.....	29
Graphique 10: Potentiel annuel moyen de production d'énergie renouvelable dans les régions par spécialisation.....	30
Graphique 11: Structure proposée pour le cadre de soutien de l'UE.....	36

1 Contexte

Avec l'approbation du Net-Zero Industry Act (NZIA)¹ et la mise en place d'une série d'initiatives d'innovation², l'UE a enfin adopté une perspective industrielle sur ses objectifs ambitieux de décarbonation. Elle part du principe que la transformation verte de l'industrie ne se limite pas à un échange de sources d'énergie, mais qu'elle implique des chaînes d'approvisionnement entièrement nouvelles pour les technologies respectueuses du climat. Sur les marchés mondiaux des technologies clés à zéro émission, telles que les batteries et l'énergie photovoltaïque, les fabricants européens ne jouent qu'un rôle mineur, tant en termes de part de marché que de force d'innovation (voir le tableau 1). Sans amélioration de la compétitivité dans ces nouveaux segments industriels clés, le modèle de croissance européen risque de rester dépendant de l'extérieur et d'être réduit à occuper une place périphérique dans l'économie technologique.

Les principales mesures de soutien envisagées par la NZIA - raccourcissement des procédures d'approbation et mise en commun des ressources existantes pour les projets manufacturiers stratégiques - ne constituent qu'une première étape. Au mieux, elles peuvent accélérer la mise en œuvre des projets, mais elles ne modifieront guère les fondements des décisions d'investissement. Les investissements dans les capacités de production sont le résultat de décisions d'implantation complexes qui tiennent compte d'une série de facteurs d'implantation importants. Le désavantage structurel de l'Europe en termes d'éléments de coût tels que la main-d'œuvre et l'énergie ne peut être compensé que si elle parvient à regrouper judicieusement ses ressources dans l'espace. De nouvelles zones d'agglomération doivent être créées, qui deviendront de nouvelles centrales de productivité industrielle grâce à la mise en réseau étroite des entreprises, des instituts de recherche et des acteurs publics.

La possibilité de mettre en place des régimes spéciaux de soutien public pour certaines zones économiques prévues dans la NZIA, appelées « Net-Zero Acceleration Valleys », pourrait servir de noyau à ce processus. Toutefois, les structures des clusters ne sont pas créées sur une planche à dessin. Outre les variables politiquement contrôlables telles que la qualité de l'infrastructure locale, elles dépendent des avantages d'agglomération découlant des décisions de regroupement des industries connexes dans la région. La croissance durable des capacités régionales résulte de l'interaction de ces facteurs. Pour concevoir des politiques de clusters efficaces, les décideurs politiques doivent exploiter cette interaction au moyen d'instruments ciblés qui soutiennent la mise en réseau régionale et s'attaquent aux goulets d'étranglement existants.

Jusqu'à présent, peu de choses ont été dites sur la forme potentielle et les modèles de localisation des futurs clusters industriels neutres en carbone en Europe. Cette étude du cep met en lumière la nature spatiale de la question de la compétitivité en fournissant une vue d'ensemble systématique des facteurs de localisation pertinents et de leur distribution spatiale. Tout d'abord, elle examine le rôle des économies d'agglomération dans l'émergence des clusters, dans le contexte des particularités des technologies neutres en carbone, et elle identifie également le potentiel et les limites des politiques actives en matière de clusters. Deuxièmement, sur la base de données régionales accessibles au public, elle identifie les conditions de départ pour l'émergence de clusters industriels neutres en carbone dans les

¹ Union européenne (2024). Règlement (UE) 2024/795 établissant la plateforme technologique stratégique pour l'Europe (STEP) et modifiant la directive 2003/87/CE et les règlements (UE) 2021/1058, (UE) 2021/1056, (UE) 2021/1057, (UE) n° 1303/2013, (UE) n° 223/2014, (UE) 2021/1060, (UE) 2021/523, (UE) 2021/695, (UE) 2021/697 et (UE) 2021/241.

² Wolf, A. (2024). [Matériaux avancés pour l'ère verte et numérique](#). Input du cep No. 8/2024.

régions de l'UE, en faisant la distinction entre les indicateurs de qualité de l'infrastructure et l'étendue des liens industriels régionaux. L'analyse se termine par des recommandations adressées à l'UE pour le développement d'un cadre de soutien afin d'aider et de coordonner les États membres et les régions dans le développement de clusters industriels neutres en carbone en Europe.

Tableau 1: Situation du marché pour certaines technologies neutres en carbone

Nom de la technologie	Production		Leader mondial de la technologie	L'innovation Part mondiale des brevets de l'UE : Statu quo	Part mondiale des brevets de l'UE : Tendence
	Industriel produit considéré	Part mondiale de Production de l'UE : Statu quo			
Biocarburants avancés	Biométhane	Marché mondial chef de file	ÉTATS-UNIS	Haut	En légère baisse
Stockage sur batterie	Batterie au lithium-ion	Relativement faible	Japon	Relativement faible	Stable
Capture, stockage et utilisation du carbone	Technologies CSC en général	Haut	ÉTATS-UNIS	Haut	Chute
Technologies de réseau électrique	Compteurs intelligents	Haut	s/o	s/o	s/o
Pompes à chaleur	Pompes à chaleur	Haut	L'UE	Très élevé	Stable
Solaire photovoltaïque	Module solaire	Faible	Japon	Faible	En légère baisse
Électrolyse de l'eau	Électrolyseurs	Relativement élevé	Japon	Haut	Légère augmentation
Énergie éolienne	Éoliennes	Marché mondial chef de file	Chine	Haut	Chute

Source : Commission européenne (2023a)³ ; représentation propre.

2 Les lois « Net-Zero Industry Act » et STEP

Le 25 avril 2024, le Parlement européen a approuvé l'accord de trilogue sur le Net-Zero Industry Act (NZIA). Cette loi définit pour la première fois des objectifs concrets pour le déploiement de capacités de production de technologies neutres en carbone dans l'UE. D'ici à 2030, la capacité de production nationale pour les technologies neutres en carbone représentera 40 % des besoins annuels de l'UE en matière de déploiement. En outre, d'ici 2040, l'UE détiendra 15 % du marché mondial de ces technologies. Par rapport à la liste de 8 technologies neutres en carbone stratégiques proposée par la Commission, l'accord final prévoit une approche plus rationnelle. Il comprend une liste unique de technologies neutres en carbone couvrant 19 groupes de technologies.

Pour atteindre les objectifs fixés, la loi sur l'industrie neutre en carbone comprend une série de mesures de soutien applicables aux projets créant des capacités de production pour les technologies énumérées. Le cadre de soutien est divisé en deux étapes. Tout d'abord, une forme de soutien de base s'applique à tous les projets de fabrication de technologies neutres en carbone. Il s'agit notamment de délais maximaux pour les procédures d'autorisation de 12 mois pour les projets à petite échelle (capacité < 1 GW) et de 18 mois pour les projets à grande échelle (≥ 1 GW). Les États membres sont invités à créer des bureaux administratifs spécifiques qui serviront de points de contact uniques pour les demandeurs de projets et qui les guideront à travers toutes les étapes de la procédure d'octroi de permis. Cela implique de fournir au demandeur toutes les informations nécessaires, de coordonner un calendrier pour le processus d'octroi du permis et de suivre les étapes de la soumission des documents.

En outre, pour soutenir la production nationale du côté de la demande, la loi sur l'industrie neutre en carbone envisage de nouveaux critères pour les procédures de marchés publics impliquant des technologies neutres en carbone. Il s'agit notamment d'exigences minimales obligatoires en matière de

³ Commission européenne (2023a). Investment needs assessment and funding availabilities to strengthen EU's Net-Zero technology manufacturing capacity (Évaluation des besoins d'investissement et des possibilités de financement pour renforcer les capacités de production de l'UE dans le domaine des technologies net zéro). Document de travail des services de la Commission. SWD(2023) 68.

durabilité environnementale de la production, qui seront précisées ultérieurement par une loi d'application. En outre, de nouveaux critères de résilience sont définis pour les appels d'offres publics, notamment la règle selon laquelle un pays tiers ne peut représenter plus de 50 % de l'approvisionnement de l'UE en technologies neutres en carbone.

Des règles spécifiques s'appliquent aux projets de neutralité carbone dits stratégiques. Les projets de fabrication de technologies neutres en carbone doivent être reconnus par les États membres comme « stratégiques » s'ils contribuent aux objectifs de capacité de la législation, fournissent aux industries européennes les meilleures technologies disponibles et remplissent au moins un autre critère sur chacune des deux listes de critères. La première liste comprend la production de technologies neutres en carbone pour lesquelles il existe une forte dépendance aux importations (part des pays tiers supérieure à 50 %), la production de technologies neutres en carbone jouant un rôle crucial pour la résilience de l'UE, ainsi que les projets contribuant de manière significative aux objectifs climatiques ou énergétiques de l'UE à l'horizon 2030. La deuxième liste comprend comme critères alternatifs la présence de mesures de qualification et de requalification ou de contributions à la compétitivité des PME. Les projets stratégiques de neutralité carbone doivent bénéficier d'un statut prioritaire spécial dans les procédures nationales d'octroi de permis, y compris en ce qui concerne la rapidité de traitement des litiges liés à l'octroi de permis. Des délais encore plus stricts s'appliquent à la procédure d'octroi de permis elle-même, à savoir 9 mois pour les projets à petite échelle (capacité < 1 GW) et 12 mois pour les projets à grande échelle (≥ 1 GW). En outre, les projets stratégiques net-zéro peuvent demander des conseils spécifiques sur le financement du projet à la plateforme Net-Zero Europe nouvellement créée. Cela implique des consultations avec les parties prenantes sur les canaux de financement disponibles tels que les instruments de soutien financier existants au niveau de l'UE et des États membres (voir la sous-section précédente) et des sources privées supplémentaires. Toutefois, il ne s'agit pas d'un nouveau fonds de soutien européen spécifique.

En guise de soutien supplémentaire, le Parlement et le Conseil ont ajouté le concept de vallées d'accélération de la neutralité carbone dans leurs négociations sur la proposition. Les vallées d'accélération de la neutralité carbone sont des zones désignées par les États membres qui sont censées accueillir de futurs clusters spatiaux d'activités industrielles neutres en carbone. Pour chaque vallée d'accélération de la neutralité carbone, les États membres doivent établir un plan comportant des mesures concrètes visant à accroître l'attrait de la zone en tant que site de production, y compris le développement des infrastructures, un soutien spécifique à l'investissement et des mesures visant à améliorer la qualification et la requalification de la main-d'œuvre locale. Afin de coordonner les procédures d'octroi de permis, chaque vallée d'accélération de la neutralité carbone doit se voir attribuer un point de contact administratif unique.

La plate-forme « Technologies stratégiques pour l'Europe » (STEP), établie en vertu du règlement (UE) 2024/795, vient compléter la loi sur l'industrie « Net-Zero »⁴. La STEP a pour mission d'orienter les canaux de financement existants de l'UE pour le soutien à l'investissement vers trois domaines d'investissement cibles : les technologies numériques et l'innovation technologique fondamentale, les technologies propres et efficaces en termes de ressources, et les biotechnologies. Ces catégories de technologies

⁴ Union européenne (2024). Règlement (UE) 2024/795 établissant la plateforme technologique stratégique pour l'Europe (STEP) et modifiant la directive 2003/87/CE et les règlements (UE) 2021/1058, (UE) 2021/1056, (UE) 2021/1057, (UE) n° 1303/2013, (UE) n° 223/2014, (UE) 2021/1060, (UE) 2021/523, (UE) 2021/695, (UE) 2021/697 et (UE) 2021/241.

sont classées comme critiques. Ces trois domaines présentent un chevauchement important avec la liste des technologies neutres en carbone de la NZIA. En outre, le STEP introduit un sceau de souveraineté, un nouveau label qui sera attribué aux projets de haute qualité financés par le STEP. Les premiers appels à financement de projets devraient être publiés au deuxième trimestre 2024⁵.

Si les éléments généraux du nouveau régime d'aide sont largement salués, leur faible niveau d'ambition a suscité de nombreuses critiques. C'est notamment le cas de l'absence de nouvelles incitations monétaires à l'investissement. D'une part, cette critique semble justifiée du point de vue de l'investisseur. Le temps gagné grâce à des procédures d'octroi de permis plus courtes et la réduction des coûts de transaction obtenue grâce à un soutien administratif supplémentaire ne sont pas susceptibles en eux-mêmes de modifier fondamentalement les décisions d'investissement à long terme. Les décisions relatives à la mise en place de nouvelles capacités de production pour les technologies neutres en carbone impliquent un engagement en capital de 15 à 20 ans, voire plus. Les conditions futures d'implantation (et leur incertitude) sont donc généralement beaucoup plus importantes que les coûts limités à la phase de mise en œuvre. D'autre part, le recours à des subventions massives et non ciblées comme panacée pour imposer une croissance de la capacité ne semble pas non plus être une solution politique intelligente. Historiquement, l'émergence de clusters industriels en Europe a été le résultat d'une interaction complexe entre les tendances économiques et technologiques générales, d'une part, et les conditions de production locales, d'autre part⁶. Dans cette interaction, les aides publiques à la localisation ont souvent représenté un élément vital, mais jamais le seul. Afin d'éviter un transfert excessif des risques commerciaux vers les contribuables, une politique de localisation intelligente devrait aligner les instruments de soutien sur les mécanismes de cette interaction. Cela suppose une compréhension plus approfondie des économies d'agglomération et de la logique de regroupement industriel.

3 Économie des clusters

3.1 Types d'économies d'agglomération

La littérature économique examine diverses raisons pour lesquelles l'activité économique tend à se concentrer dans certaines zones. Fondamentalement, on peut distinguer trois catégories d'explications 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 explication⁷. En s'installant à proximité d'autres entreprises du même secteur, une société bénéficie d'économies d'échelle au sein du secteur. Il s'agit tout d'abord de la présence locale d'un grand nombre de fournisseurs de produits intermédiaires adaptés aux besoins de l'industrie. Cela permet non seulement de créer des chaînes d'approvisionnement compétitives, mais aussi de faciliter leur adaptation à l'évolution des conditions du marché grâce à un flux d'informations continu dans les réseaux locaux. Un deuxième avantage est l'existence d'un réservoir local de travailleurs possédant des qualifications adéquates. Cela réduit les coûts de recherche sur les marchés du travail, tant pour les entreprises que pour les travailleurs, ainsi que les risques d'inadéquation.

⁵ Commission européenne (2024). [Plateforme des technologies stratégiques pour l'Europe](#).

⁶ Wolf, A. (2022). La position de l'Europe sur les matières premières du futur. [Input duc cep Nr.11/2022](#).

⁷ Henderson, V. (1997). Externalities and industrial development (Externalités et développement industriel). *Journal of urban economics*, 42(3), 449-470.

Un troisième 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 codifiables⁸. Des recherches récentes suggèrent que les avantages fondamentaux du face-à-face ont survécu à l'ère numérique⁹. À cet égard, la littérature souligne l'importance d'établir une distinction entre les différentes formes de connaissances. Atkin et al. (2022) distinguent les connaissances analytiques, principalement liées à la recherche fondamentale en sciences naturelles, des connaissances synthétiques, principalement liées aux applications pratiques en sciences de l'ingénieur. Les connaissances analytiques sont de nature plus universelle et donc facilement codifiables. Pour cette raison, sa transmission est moins sensible à la distance spatiale. En revanche, la transmission des connaissances synthétiques est le résultat d'une forme de collaboration étroite et continue et favorise donc la colocalisation¹⁰. Il en va de même pour les connaissances complexes en général¹¹. Outre ces formes de transmission consciente des connaissances, une partie de la littérature fait également allusion à l'importance du « bourdonnement local ». Il s'agit de la transmission aléatoire de petits éléments d'information au cours de réunions personnelles, à l'intérieur ou à l'extérieur des rendez-vous de travail. Sa nature personnelle nécessite la confiance et un ensemble de traditions et de valeurs partagées, ce qui est à nouveau favorisé par la proximité spatiale¹². Prises ensemble, ces formes d'externalités expliquent pourquoi les industries fondées sur la connaissance qui présentent une certaine intensité de capital humain sont fortement concentrées dans une région.

Les externalités de Jacobs offrent une autre explication complémentaire de l'agglomération, basée sur l'effet des rendements à l'échelle de l'économie¹³. Les entreprises bénéficient d'une structure économique régionale diversifiée qui 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 prises comme incubateurs offrant un mélange diversifié d'institutions¹⁴. Un troisième courant de la littérature sur les agglomérations, la nouvelle économie géographique (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 en tant que motivations de la concentration spatiale¹⁵. Dans cette littérature, l'agglomération n'est pas considérée uniquement d'un point de vue industriel, mais comme un processus impliquant le regroupement conjoint de producteurs et de consommateurs/travailleurs.

⁸ Van der Panne, G. (2004). Agglomeration externalities : Marshall versus Jacobs. *Journal of evolutionary economics*, 14, 593-604.

⁹ 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.

¹⁰ Moodysson, J., Coenen, L. et Asheim, B. (2008). Explaining spatial patterns of innovation : analytical and synthetic modes of knowledge creation in the Medicon Valley life-science cluster. *Environment and planning A*, 40(5), 1040-1056.

¹¹ Balland, P. A. et Rigby, D. (2017). La géographie des connaissances complexes. *Economic geography*, 93(1), 1-23.

¹² Storper, M. et Venables, A. J. (2004). Buzz : face-to-face contact and the urban economy ». *Journal of economic geography*, 4(4), 351-370.

¹³ Voir Henderson (1997).

¹⁴ 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.

¹⁵ Krugman, P. (1998). Qu'y a-t-il de nouveau dans la nouvelle géographie économique ? *Oxford review of economic policy*, 14(2), 7-17.

Dans l'ensemble, toutes les théories actuelles offrent de bonnes explications pour l'émergence et la stabilité des clusters industriels. Cependant, elles n'expliquent pas où exactement ces clusters émergent et quelles sont les impulsions nécessaires pour modifier les structures d'agglomération existantes.

Une partie de la littérature examine le rôle des acteurs régionaux qui donnent l'impulsion initiale au développement des structures de regroupement. Il peut s'agir d'entreprises bien établies qui utilisent une nouvelle technologie pour la première fois 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, un cluster d'entreprises se développe autour de leur expertise spécialisée¹⁶. 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 qui a été 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 milieu universitaire¹⁷. 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 recherche¹⁸.

Au-delà des scientifiques vedettes, le rôle du capital humain local en général 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 aux entreprises liés à l'industrie¹⁹. 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 une source de futures start-ups régionales lorsqu'il s'agit de commercialiser les innovations générées par les activités locales des institutions de recherche. La recherche empirique met en évidence l'importance particulière des entrepreneurs universitaires basés dans la région pour la dynamique régionale de création d'entreprises²⁰.

Le rôle de l'infrastructure publique en tant que facteur d'implantation fait également l'objet de recherches. Les universités et les instituts de recherche publics à forte intensité de recherche établis

¹⁶ Feldman, M. (2003). The locational dynamics of the US biotech industry : knowledge externalities and the anchor hypothesis. *Industry and innovation*, 10(3), 311-329.

¹⁷ 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.

¹⁸ 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.

¹⁹ Fritsch, M. (2005). Les systèmes régionaux d'innovation sont-ils importants ? *The New Economy in Transatlantic Perspective-Spaces of Innovation*, Abingdon : Routledge, 187-203.

²⁰ 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.

localement et 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 par le biais des retombées universitaires, par exemple pour l'exploitation des brevets universitaires. Ces entreprises sont souvent fondées à proximité de l'institution universitaire qui les a créées, en partie pour maintenir le flux informel de connaissances. Les universités axées sur la recherche revêtent une importance particulière²¹.

Enfin, il ne faut pas négliger l'importance des institutions sociales en tant que facteurs intangibles de localisation régionale. Cela concerne 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 soi²². 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.

3.2 Potentiel et limites des politiques de clusters

Malgré les avantages économiques individuels du regroupement, il existe des limites aux activités d'agglomération. Tout d'abord, cela est dû à l'augmentation du coût des actifs immobiliers, tels que les terrains, en raison de la forte demande dans les régions d'agglomération. Deuxièmement, cela est dû au fait que les avantages des agglomérations sont des externalités. Cela recèle le danger du parasitisme, par exemple lorsque des entreprises individuelles tentent de profiter des réseaux de connaissances locaux tout en essayant d'empêcher la sortie de leurs propres connaissances exclusives. Cela peut saper la volonté des entreprises de coopérer au niveau local et donc affaiblir l'incitation au regroupement. Avec l'émergence de nouvelles agglomérations, des problèmes de coordination entre les décisions de localisation des entreprises individuelles se posent également. En conséquence, le niveau d'agglomération industrielle peut être insuffisant du point de vue du bien-être, car l'étendue potentielle des externalités positives de l'agglomération n'est pas pleinement exploitée.

Dans ce contexte, la théorie et la pratique du regroupement industriel induit par les politiques jouissent d'une grande popularité en Europe depuis un certain temps. Son père fondateur, Michael Porter, considère le regroupement régional comme une condition nécessaire à l'exploitation des avantages concurrentiels nationaux²³. Tout en étant fortement liée, sur le plan théorique, au concept d'économies d'agglomération dans l'économie traditionnelle²⁴, cette école souligne le rôle actif des politiques de localisation et de la collaboration entre les réseaux locaux lorsqu'il s'agit de façonner et de maintenir des regroupements réussis²⁵. Plus important encore, les parties prenantes d'un cluster sont censées s'apporter en permanence des connaissances complémentaires afin de garantir la compétitivité du cluster dans son ensemble. Cela n'affecte pas seulement les entreprises en place, mais favorise également

²¹ 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.

²² 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).

²³ Porter, M. E. (2011). L'avantage concurrentiel des nations : créer et maintenir une performance supérieure. Simon et Schuster.

²⁴ Wolman, H. et Hincapie, D. (2015). Clusters and cluster-based development policy. *Economic Development Quarterly*, 29(2), 135-149.

²⁵ Hospers, G. J., & Beugelsdijk, S. (2002). Regional cluster policies : learning by comparing ? *Kyklos*, 55(3), 381-402.

l'émergence de jeunes entreprises locales prospères, qui bénéficient directement des réseaux locaux existants et de la base de connaissances pendant leur phase de croissance. En règle générale, l'échange se produit à la fois entre les industries en aval et en amont (dimension verticale) et entre les concurrents directs (dimension horizontale)²⁶. Le comportement économique au sein d'un cluster peut donc être décrit comme un mélange bien dosé de collaboration et de concurrence.

Selon cet état d'esprit, les décideurs politiques sont invités à développer des stratégies spécifiques pour les clusters. Il s'agit notamment de décider où soutenir l'émergence de nouveaux clusters et comment définir ces clusters horizontalement (types d'industries attirées) et verticalement (étapes des chaînes d'approvisionnement présentes dans la région). Cela implique également des décisions sur les mesures de soutien pour maintenir et développer les clusters existants. Outre les frontières technologiques, une limitation cruciale pour les décideurs politiques est la disponibilité des informations nécessaires. En théorie, avec une information parfaite et des décideurs politiques visant à maximiser le bien-être social, la concurrence régionale conduirait à une distribution spatiale optimale des clusters, car les décideurs politiques aligneraient le niveau de soutien public aux clusters sur celui des externalités d'agglomération positives attendues²⁷. Dans la pratique, la nature et les limites des externalités (et leur disparité régionale) sont largement inconnues. Une concurrence non coordonnée entre les régions en matière de subventions risque donc de conduire non seulement à un gaspillage des ressources publiques, mais aussi à un schéma d'agglomération régional sous-optimal du point de vue de l'économie dans son ensemble.

Aujourd'hui, les stratégies de regroupement sont omniprésentes dans l'élaboration des politiques régionales dans toute l'Europe. À la lumière de ce fait, les preuves empiriques de l'efficacité et des implications en termes de bien-être des politiques de clusters dans la vie réelle semblent plutôt rares. Cela s'explique tout d'abord par la difficulté de distinguer les effets des regroupements industriels des externalités jacobéennes, c'est-à-dire les avantages généraux d'agglomération interindustrielle des régions densément peuplées. Deuxièmement, l'endogénéité des politiques de regroupement empêche toute analyse de causalité. Dans ce contexte, une approche courante dans la littérature consiste à étudier les politiques de regroupement qui prennent la forme d'expériences naturelles. Un exemple serait le soutien aux clusters émergeant d'un concours entre régions, où certaines régions sont choisies comme gagnantes et les régions restantes forment un groupe de contrôle.

Engel et al. (2013) ont étudié les effets d'un concours régional de biotechnologie en Allemagne²⁸. Les régions gagnantes se sont avérées généralement plus performantes que les participants non gagnants en termes de demandes de brevets au cours de la période de traitement. Cela indique que le financement exclusif ainsi que l'effet stimulant d'être un « gagnant » ont eu des effets positifs sur l'activité de R&D à court terme. Par la suite, cependant, Graf & Broekel (2020) n'ont pas trouvé d'effets significatifs à long terme du concours²⁹. Falck et al. (2010) ont analysé les effets d'une politique de clusters dans le Land allemand de Bavière, axée sur l'innovation dans les secteurs de haute technologie³⁰. Les auteurs

²⁶ Maskell, P. (2017). Vers une théorie du cluster géographique basée sur la connaissance. *Economy* (pp. 377-399). Routledge.

²⁷ Neumark, D. et Simpson, H. (2015). Place-based policies. In *Handbook of regional and urban economics* (Vol. 5, pp. 1197-1287). Elsevier.

²⁸ 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.

²⁹ 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.

³⁰ Falck, O., Heblich, S. et Kipar, S. (2010). Industrial innovation : Direct evidence from a cluster-oriented policy. *Regional Science and Urban Economics*, 40(6), 574-582.

ont estimé les effets sur les demandes de brevets, la mise en œuvre d'innovations de produits ou de processus et le niveau de R&D. Les résultats montrent un effet positif de la politique des clusters sur la compétitivité des entreprises. Les résultats montrent un effet positif de l'initiative de cluster sur les deux premiers résultats, mais un effet négatif sur le troisième. Lehmann & Menter (2018) ont analysé la promotion des clusters dans le cadre de la stratégie allemande en matière de haute technologie à partir de 2007³¹. Ils ont constaté des effets positifs significatifs des politiques de clusters sur la croissance du PIB régional. La présence d'universités à forte intensité de recherche au sein des clusters régionaux est identifiée comme un facteur de réussite particulier.

Dans l'ensemble, les données existantes montrent que l'évaluation des politiques de clusters nécessite un examen minutieux des circonstances locales et de l'adéquation des mesures de soutien choisies. Le caractère unique de la structure économique locale, par exemple sa tradition commerciale et les qualifications spécifiques de sa main-d'œuvre, doit être respecté par toute stratégie de cluster. En conséquence, la littérature suggère que démarrer un cluster « à partir de zéro » est une entreprise très difficile et donc, d'un point de vue macroéconomique, très probablement un gaspillage de ressources. Au lieu de cela, il devrait refléter dans une certaine mesure les avantages régionaux préexistants. Plus précisément, il devrait refléter les avantages comparatifs, et pas nécessairement absolus, ce qui implique que les régions sous-développées peuvent encore s'engager dans des stratégies de clusters réussies. Dans le même temps, les décideurs politiques doivent éviter de tomber dans l'autre extrême et d'utiliser leurs politiques de clusters pour soutenir des schémas de spécialisation régionale qui ne sont plus compétitifs (effet de verrouillage).

Le concept de spécialisation intelligente permet de sortir de ce dilemme³². Il repose sur la création d'un avantage concurrentiel futur dans les nouveaux domaines technologiques dans lesquels les régions possèdent déjà des capacités existantes³³. Cet objectif peut être atteint en canalisant les sources publiques de R&D et en stimulant le développement privé et la coopération technologique dans ces domaines. Dans l'ensemble, les politiques de développement des clusters doivent prendre la forme d'un processus de recherche dynamique, qui émerge progressivement sous la forme d'un ensemble d'instruments politiques spécifiques, parallèlement à l'amélioration de la base d'information locale. Au début, une stratégie de réduction des risques consisterait à s'engager dans un soutien moins axé sur l'industrie (par exemple, le développement de l'infrastructure locale, l'optimisation des processus administratifs, l'organisation de formats de coopération généraux et d'autres institutions de clusters). Plus tard, avec l'émergence de modèles industriels spécifiques, un soutien à la R&D et à la production plus centré sur l'industrie pourrait être fourni, nourrissant ainsi les tendances à la spécialisation causées par la concurrence du marché.

En ce qui concerne les mesures politiques spécifiques, le graphique 1 donne un aperçu des options disponibles. En principe, les instruments de soutien public pourraient cibler toutes les étapes de l'activité économique et des interactions au sein d'un cluster. En pratique, le niveau limité des ressources publiques exige une sélection stricte. Le choix des mesures axées sur l'industrie doit être basé sur l'identification d'inefficacités concrètes dans la structure du cluster, c'est-à-dire le potentiel inexploité des

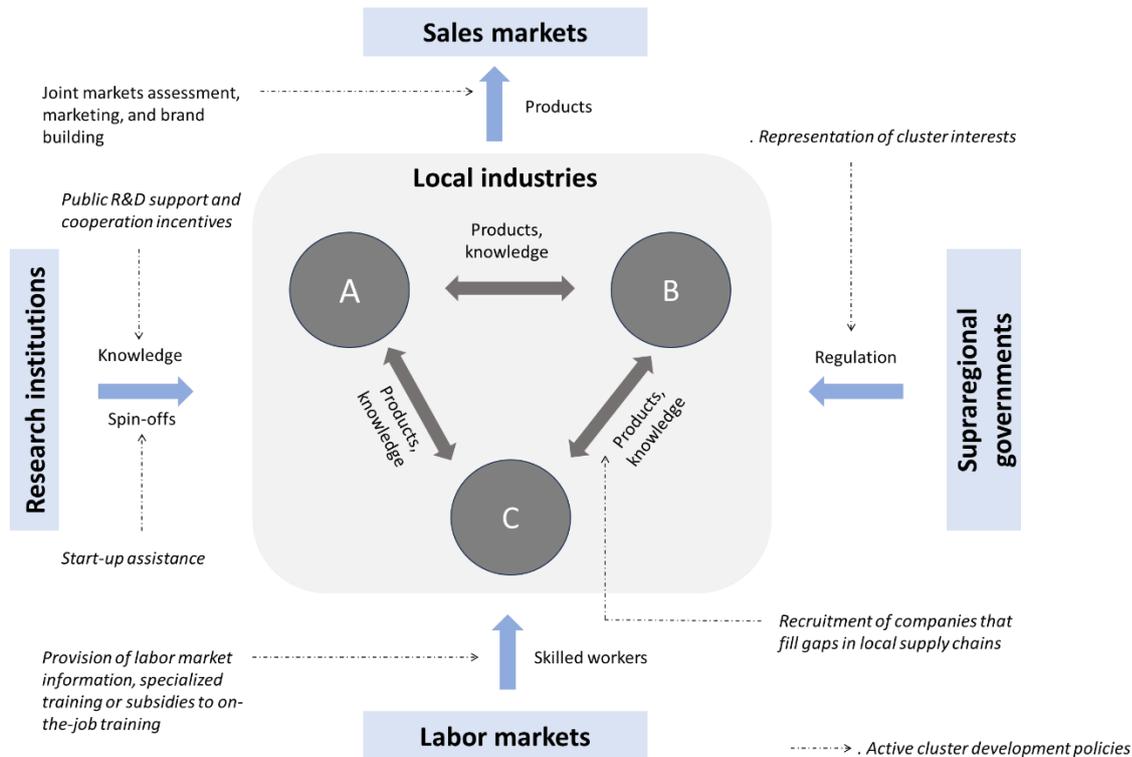
³¹ Lehmann, E. E., & Menter, M. (2018). Public cluster policy and performance. *The Journal of Technology Transfer*, 43, 558-592.

³² Foray, D. (2014). *Smart specialisation : Opportunities and challenges for regional innovation policy*. Routledge.

³³ Balland, P. A., Boschma, R., Crespo, J. et Rigby, D. L. (2018). Politique de spécialisation intelligente dans l'Union européenne : connexité, complexité des connaissances et diversification régionale. *Regional studies*.

économies d'agglomération (internes et externes à l'industrie). Cela nécessite une connaissance approfondie du type d'environnement local nécessaire à la prospérité de certaines industries.

Graphique 1: Aperçu des types de politiques de développement des clusters



Source : Wolman et Hincapie (2015) ; illustration personnelle.

3.3 Environnement pour les pôles technologiques neutres en carbone

La diversité des technologies actuellement considérées dans l'UE comme « stratégiques » pour la mise en œuvre de la transformation verte rend difficile l'identification d'un ensemble unique de facteurs de localisation pertinents. Néanmoins, certains points communs peuvent être mis en évidence. Il s'agit avant tout de la nécessité d'une circulation efficace des connaissances régionales. Les technologies net-zéro n'en sont qu'au début de leur cycle de vie. Il existe une perspective de réduction significative des coûts à l'avenir, grâce à la mise à l'échelle et aux améliorations technologiques. Alors que le premier effet est déterminé par des facteurs à l'échelle de l'UE grâce au marché unique, l'apport de connaissances nécessaire à l'innovation est en partie soumis à des limites spatiales (voir la sous-section précédente). L'évolution technologique exige également une optimisation continue des chaînes d'approvisionnement, ce qui est facilité par des relations stables avec les fournisseurs d'intrants régionaux.

En outre, la nouveauté des technologies impose des exigences spécifiques en matière de qualifications de la main-d'œuvre. L'existence d'un vaste réservoir régional de main-d'œuvre spécialisée pourrait donc être d'une grande importance pour les producteurs de technologies neutres en carbone afin de réduire les coûts de recherche et les problèmes d'appariement sur les marchés du travail. Plus le profil de connaissances de l'offre régionale de main-d'œuvre est adapté, moins les producteurs doivent consacrer de ressources à l'amélioration et à la requalification de leurs employés. Il s'ensuit que l'existence dans une

région d'un réseau d'industries connexes (en amont et en aval) représente un avantage important en termes de localisation.

Des exigences particulières sont également posées en ce qui concerne les conditions régionales générales. La forte intensité de connaissances implique un besoin particulier d'une infrastructure de recherche régionale de haute qualité. La littérature montre que la présence d'universités et d'instituts de recherche à forte intensité de recherche dans les groupements régionaux peut accroître l'activité générale d'innovation et stimuler la productivité de la R&D. Ils servent également de noyau à de nouvelles activités entrepreneuriales pour commercialiser les innovations régionales³⁴. Ils servent également de noyau à de nouvelles activités entrepreneuriales visant à commercialiser les innovations régionales³⁵. Les universités de renom peuvent également attirer de jeunes talents pour le marché du travail local et en particulier pour les entreprises innovantes, ce qui renforce encore les effets d'agglomération³⁶.

L'approvisionnement local en énergie joue également un rôle particulier pour les technologies neutres en carbone. Même si la production de la plupart de ces technologies est moins énergivore que celle de l'acier ou de nombreux produits chimiques de base, l'approvisionnement en énergie renouvelable est un facteur décisif. Ce n'est qu'avec le soutien total des énergies renouvelables que l'on peut prétendre à la véritable qualité de neutralité carbone. Grâce à des accords d'achat d'électricité (AAE) conclus avec des fournisseurs d'électricité locaux, les producteurs de technologies neutres en carbone peuvent garantir un approvisionnement à 100 % en électricité neutre pour le climat provenant de l'énergie éolienne, de l'énergie photovoltaïque et d'autres sources renouvelables. Toutefois, sur ces marchés, ils sont en concurrence avec des industries conventionnelles qui ont besoin d'électricité verte pour leurs processus de décarbonation. Dans le même temps, les retards dans l'expansion des réseaux électriques européens entravent l'intégration suprarégionale des marchés de l'électricité. Le potentiel local de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables, qui dépend du climat, pourrait donc devenir un facteur de plus en plus important pour limiter les prix de l'électricité et garantir la sécurité de l'approvisionnement. Cela vaut en particulier pour les technologies à forte intensité d'électricité et à consommation décarbonée, telles que la production de batteries³⁷.

En outre, les facteurs de localisation qui ont une importance générale pour les fabricants de haute technologie sont également pertinents pour les technologies neutres en carbone. L'un de ces facteurs est l'existence d'une bonne connectivité informatique. Un transfert de données rapide et sûr est essentiel pour de multiples raisons. À l'extérieur, cela découle de la nécessité d'un échange continu d'informations tout au long des chaînes d'approvisionnement³⁸. En interne, il résulte du processus de numérisation et d'automatisation des étapes de production, qui nécessite des canaux de communication numérique stables (Internet des objets (IdO)). En outre, l'existence d'une infrastructure de transport régionale bien développée (routes, chemins de fer, ports, liaisons aériennes) est importante pour les réseaux logistiques ainsi que pour la connectivité générale. Enfin, la qualité des services de l'administration publique locale (rapidité, fiabilité) doit être soulignée comme un autre facteur. Cela concerne la rapidité des

³⁴ Hewitt-Dundas, N. (2013). Le rôle de la proximité dans la coopération université-entreprise pour l'innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 38, 93-115.

³⁵ Carree, M., Malva, A. D., & Santarelli, E. (2014). The contribution of universities to growth : Empirical evidence for Italy. *The Journal of Technology Transfer*, 39, 393-414.

³⁶ Voir Neumark & Simpson (2015).

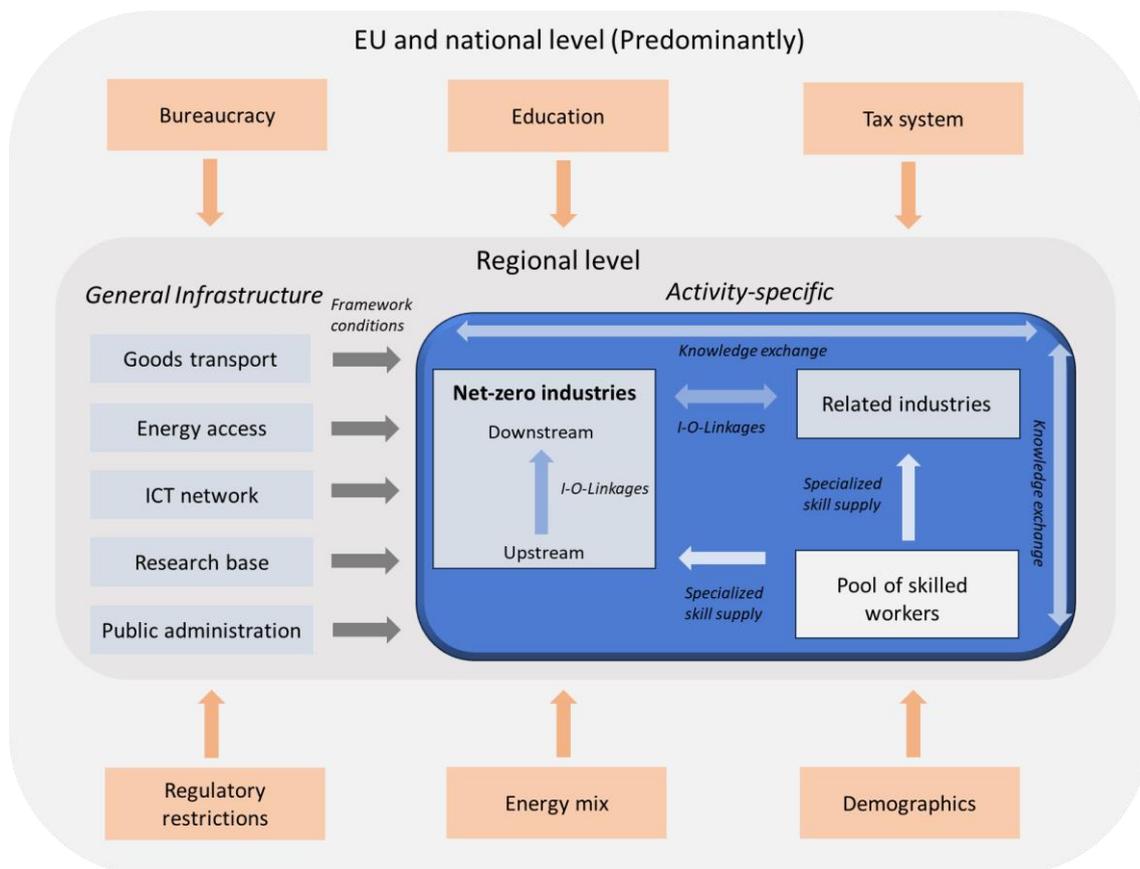
³⁷ Fraunhofer ISI (2023). Feuille de route pour les batteries au lithium-ion - Perspectives d'industrialisation à l'horizon 2030. Institut Fraunhofer pour la recherche sur les systèmes et l'innovation ISI.

³⁸ FirstLight (2024). [5 raisons pour lesquelles la connectivité est vitale pour les fabricants de haute technologie](#).

procédures d'approbation (voir section 2) et la mise en œuvre favorable aux entreprises de la législation nationale et européenne.

Le graphique 2 résume les facteurs examinés dans un système à plusieurs niveaux. La qualité de la localisation s'entend comme l'interaction des influences internes et externes. Outre les conditions-cadres générales des marchés mondiaux (non représentées), les influences externes comprennent les effets de facteurs nationaux ou européens (en grande partie) tels que le système fiscal ou l'étendue générale des restrictions réglementaires et de la bureaucratie. Ces facteurs interagissent avec les facteurs régionaux internes. Une distinction peut être faite entre les conditions générales de base sous la forme d'éléments d'infrastructure, d'une part, et la formation de réseaux spécifiques à l'activité, d'autre part. Les acteurs de ce réseau sont liés à la fois par des relations d'entrée-sortie et par l'échange réciproque de connaissances. Dans la section suivante, nous tentons de rendre visible le rôle de ces facteurs individuels dans les régions de l'UE sur la base de données régionales.

Graphique 2: Système de facteurs de localisation fondamentaux pour les vallées industrielles de la neutralité carbone



Source : illustration personnelle

4 Analyse du potentiel des clusters d'entreprises pour les régions de l'UE

4.1 Méthodes et données

Nous commençons par identifier les facteurs de localisation qui font partie de l'infrastructure générale et interprofessionnelle d'une région. Ils sont pertinents non seulement pour les industries neutres en

carbone identifiées par l'UE, mais aussi pour l'ensemble de la base manufacturière à forte intensité de connaissances. Le point de départ est la différenciation entre les catégories d'infrastructures présentée dans le graphique 2. Pour chaque catégorie, nous définissons un ensemble d'indicateurs régionaux qui devraient refléter le plus fidèlement possible la qualité des infrastructures des régions de l'UE par rapport à cette catégorie. Dans la mesure du possible, nous nous appuyons sur Eurostat, base de données officielle fiable³⁹, complétée par d'autres sources transparentes.

Le choix des indicateurs est basé sur la définition de la subdivision territoriale. La nomenclature NUTS sur laquelle sont basées les statistiques régionales de l'UE est divisée en quatre niveaux d'agrégation allant du niveau de l'État membre (NUTS-0) aux petites régions (NUTS-3). Une subdivision territoriale plus détaillée fournit une image plus nuancée des conditions de localisation en Europe. Elle comporte également un risque moindre de distorsion due aux différences de taille des régions. Toutefois, comme le niveau le plus détaillé ne contient que quelques indicateurs pertinents, nous avons opté pour le niveau NUTS-2, qui constitue un bon compromis. Il comprend actuellement un total de 244 régions⁴⁰ et est généralement utilisé pour les études régionales de l'UE, offrant ainsi une bonne base de comparaison avec les études existantes. L'un des critères de choix des indicateurs est l'existence de séries chronologiques suffisamment longues pour servir de base à notre méthode de pondération (voir ci-dessous). Dans la mesure du possible, lors de la sélection des indicateurs, nous avons également donné la préférence à des indicateurs objectivement mesurables plutôt qu'à des opinions subjectives basées sur des enquêtes.

Le tableau 2 présente les indicateurs sélectionnés pour chaque catégorie d'infrastructure. Pour la catégorie « Transport de marchandises », nous pouvons utiliser les données d'Eurostat sur la densité des réseaux de transport différenciés par mode de transport. La qualité du réseau TIC est illustrée par des indicateurs sur la disponibilité des connexions à haut débit, qui s'appuient sur les données de l'indice de compétitivité régionale de l'UE⁴¹. Pour cartographier la base de recherche, nous nous appuyons sur un ensemble d'indicateurs qui reflètent les ressources monétaires (dépenses publiques de R&D) et humaines (employés dans le domaine de la science et de la technologie) ainsi que la production scientifique directe (nombre de publications scientifiques), à l'aide de données provenant du tableau des scores de l'innovation régionale de l'UE⁴². Pour la qualité de l'administration publique régionale, nous nous appuyons sur les résultats d'enquêtes régulières pour l'indice européen de la qualité de l'administration (IQA)⁴³. Nous avons choisi les données les plus récentes disponibles pour chaque indicateur.

Tableau 2: Aperçu des indicateurs d'infrastructure pour l'analyse des régions de l'UE

Catégorie	Indicateur	Signification	Source
Transport	Densité des autoroutes	Densité moyenne d'autoroutes (km par km ²) dans la région et les régions voisines en 2021.	Eurostat (2024)
	Densité des chemins de fer	Densité moyenne des voies ferrées (km par km ²) dans la région traitée et les régions voisines en 2021.	Eurostat (2024)

³⁹ Eurostat (2024). [Statistiques régionales par classification NUTS](#). Base de données Eurostat.

⁴⁰ En Allemagne, ce niveau correspond aux districts gouvernementaux et aux petits États fédéraux.

⁴¹ Union européenne (2022). [Indice de compétitivité régionale de l'UE - Édition 2022](#).

⁴² Union européenne (2023). [Tableau de bord régional de l'innovation](#).

⁴³ Charron, N., Lapuente, V. et Bauhr, M. (2024). La géographie de la qualité de l'administration en Europe. Variations infranationales dans l'indice européen de la qualité de l'administration 2024 et comparaisons avec les cycles précédents.

	Passagers des vols quotidiens	Nombre moyen de passagers par jour en 2022.	Eurostat (2024)
TIC	Ménages ayant accès au haut débit.	Part des ménages privés ayant accès à l'internet à haut débit en 2021	Eurostat (2024)
	Entreprises d'accès à la large bande	Part des entreprises ayant accès à l'internet à haut débit en 2021	Union européenne (2022)
	Internet à haut débit	Part de la population disposant d'une connexion internet à haut débit en 2021.	Union européenne (2022)
Base de recherche	Ressources humaines en science et technologie	Nombre d'employés dans le domaine de la science et de la technologie par habitant en 2023.	Eurostat (2024)
	Dépenses publiques de R&D	Dépenses publiques de recherche et développement par habitant en 2022.	Union européenne (2023)
	Publications scientifiques	Nombre de publications dans des revues scientifiques internationales par les chercheurs de la région par habitant en 2023.	Union européenne (2023)
Public l'administration	Prévention de la corruption	Prévention de la corruption dans l'administration publique régionale selon un indice basé sur une enquête en 2024.	Charron et al (2024)
	Qualité et responsabilité	Qualité et responsabilité de l'administration publique régionale selon un indice basé sur une enquête en 2024.	Charron et al (2024)
	Impartialité	Impartialité de l'administration publique régionale selon un indice basé sur une enquête en 2024.	Charron et al (2024)

Source : représentation propre

Les indicateurs individuels sont agrégés sous forme pondérée dans les catégories respectives. Suivant une procédure courante dans la littérature, nous déterminons la pondération sur la base d'une analyse en composantes principales (spécifique à la catégorie). Le facteur latent commun (non observable) reflétant la catégorie est estimé sur la base des modèles de corrélation observables entre les variables. Les indicateurs sont inclus dans l'analyse factorielle sous une forme standardisée, ce qui neutralise l'influence des différences dans l'intervalle de variation. Dans chaque cas, nous sélectionnons les charges du premier facteur tiré comme base de la pondération. Il en résulte quatre sous-indices d'infrastructure.

L'accès à l'énergie représente un cas particulier compte tenu de la transition énergétique. Il est difficile de prévoir l'évolution de la combinaison régionale spécifique de sources d'énergie et la capacité de l'infrastructure énergétique requise pour le transport suprarégional (principalement : réseaux électriques et stockage de batteries, gazoducs et stockage de gaz renouvelables). Toutefois, le potentiel régional de production d'énergies renouvelables - et donc le degré d'indépendance réalisable par rapport aux flux énergétiques suprarégionaux - peut être estimé en tant qu'indicateur de la disponibilité régionale de base. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les estimations réalisées par Kakoulaki et al. (2021) pour les régions NUTS-2⁴⁴.

Il est plus difficile de mesurer l'étendue des liens industriels régionaux. L'ensemble des technologies neutres en carbone est si diversifié dans ses exigences en matière d'intrants que l'effort requis pour une classification détaillée de toutes les technologies d'importance stratégique serait prohibitif. En outre, au niveau infranational en Europe, aucune différenciation détaillée des secteurs économiques (et donc des

⁴⁴ Kakoulaki, G., Kougias, I., Taylor, N., Dolci, F., Moya, J. et Jäger-Waldau, A. (2021). Green hydrogen in Europe - A regional assessment (L'hydrogène vert en Europe - Une évaluation régionale) : Substituting existing production with electrolysis powered by renewables. *Energy Conversion and Management*, 228, 113649.

différentes activités de production) n'est actuellement possible, et encore moins en ce qui concerne les activités économiques clairement identifiables comme « neutres en carbone ». Nous avons donc choisi une approche alternative indirecte pour notre analyse. Elle repose sur la méthodologie établie par la littérature empirique récente sur les clusters industriels et sur l'utilisation de données américaines. Les ensembles de données régionales régulièrement publiés par le Bureau of Economic Analysis (BEA) des États-Unis se caractérisent par une granularité beaucoup plus fine que les sources européennes telles qu'Eurostat, tant dans les dimensions sectorielles que spatiales.

Nous appliquons la méthodologie utilisée dans le travail très cité de Delgado et al. (2015) pour identifier les clusters d'industries étroitement liées⁴⁵. Elle est basée sur le calcul de matrices de similarité multidimensionnelles pour évaluer la similarité par paire des industries. Sur la base de ces matrices de similarité, les industries individuelles sont regroupées en grappes disjointes à l'aide de méthodes établies d'analyse de grappes⁴⁶.

La première étape consiste à identifier les secteurs de la classification des industries nord-américaines (NAICS) contenant des technologies à zéro émission. Le niveau de résolution maximal disponible pour cela est le niveau à six chiffres. Dans la version 2017 de la NAICS, elle comprend un total de 1 057 industries différentes (appelées « industries nationales »), une granularité nettement supérieure à celle des statistiques européennes. Notre classification de ces industries nationales en tant que technologies neutres en carbone est basée sur une comparaison des descriptions de contenu trouvées dans la documentation NAICS avec la liste des technologies neutres en carbone spécifiquement nommées de la NZIA⁴⁷. À cet égard, nous nous sommes concentrés sur les parties d'assemblage final des technologies respectives (dans la mesure où elles sont clairement définies dans la liste de la NZIA)⁴⁸ parce que nous examinons les étapes en amont séparément en tant que facteur de localisation (voir ci-dessous). Sur cette base, nous avons identifié un total de neuf industries NAICS qui impliquent clairement la production de technologies neutres en carbone, que ce soit en totalité ou en partie. Elles sont désormais appelées « industries NZT ».

Le tableau 3 présente la liste des industries et leur pertinence pour des éléments spécifiques de la liste NZIA. Bien que la classification ne soit pas parfaite en termes horizontaux (délimitation des technologies neutres en carbone par rapport aux autres technologies) ou verticaux (délimitation des étapes de la chaîne d'approvisionnement), elle marque une nette amélioration par rapport aux statistiques

⁴⁵ Delgado, M., Porter, M. E. et Stern, S. (2016). Defining clusters of related industries. *Journal of Economic Geography*, 16(1), 1-38.

⁴⁶ L'une des difficultés rencontrées lors de l'utilisation des données américaines réside dans la particularité de leur classification industrielle. Contrairement à d'autres systèmes de classification internationaux tels que la NACE européenne, le système de classification des industries nord-américaines (NAICS) utilisé par les statistiques officielles américaines n'est pas basé sur les activités, mais sur les produits.⁴⁶ Cela implique des délimitations fondamentalement différentes dans certains cas. Par conséquent, il n'existe pas de correspondance univoque entre le NAICS et la NACE aux niveaux détaillés de l'industrie. Pour transférer nos résultats au niveau européen, nous effectuons une mise en correspondance avec le niveau plus grossier à deux chiffres de la classification NACE, en utilisant la table de concordance entre le NAICS et la CITI fournie par le BEA⁴⁶ et la concordance entre la CITI et la NACE fournie par Eurostat.⁴⁶ Étant donné que les données régionales sur l'activité économique à l'échelle européenne ne sont de toute façon disponibles que jusqu'à ce niveau, nous utilisons néanmoins au mieux les informations disponibles.

⁴⁷ Voir Union européenne (2024).

⁴⁸ Outre des groupes de technologies clairement définis, la liste NZIA figurant dans l'acte finalement adopté (voir sous-section 2.2) comprend également des éléments résiduels (par exemple, des « technologies industrielles transformatrices pour la décarbonation non couvertes par les catégories précédentes ») et des agrégations extrêmement larges. Ces éléments ne peuvent pas être correctement attribués à des activités industrielles spécifiques et ne sont donc pas pris en compte.

européennes officielles. Étant donné que d'autres industries NAICS peuvent également contenir des composants pertinents et que l'ensemble des technologies industrielles neutres en carbone est en constante évolution, cette liste doit être considérée comme une liste de base minimale.

Tableau 3: Liste des industries NZT identifiées dans le SCIAN

Code SCIAN	Titre	Exemple(s) de produits pertinents	Élément(s) pertinent(s) Liste NZIA
333415	Fabrication de matériel de climatisation et de chauffage à air chaud et de matériel de réfrigération commerciale et industrielle	Pompes à chaleur	Pompes à chaleur et technologies de l'énergie géothermique
333611	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs	Éoliennes	Technologies éoliennes terrestres et technologies renouvelables en mer
333912	Fabrication de compresseurs d'air et de gaz	Compresseur de CO ₂ pour le CSC ; compresseurs pour le transport d'hydrogène ou de biogaz	Technologies de captage et de stockage du carbone ; technologies de l'hydrogène ; technologies durables du biogaz et du biométhane ; technologies de transport et d'utilisation du CO ₂
333994	Fabrication de fours industriels	Fusion de métaux à faibles émissions (par exemple, production d'acier brut à base d'hydrogène ou de biogaz)	Technologies de l'hydrogène ; technologies durables du biogaz et du biométhane
334413	Fabrication de semi-conducteurs et de dispositifs connexes	Cellules et modules photovoltaïques ; piles à combustible	Technologies solaires ; technologies de l'hydrogène
334515	Fabrication d'instruments de mesure et d'essai de l'électricité	Appareils de mesure de la puissance	Technologies de réseau électrique
335311	Fabrication de transformateurs de puissance, de distribution et de spécialités	Transformateurs de puissance (régulateurs de tension)	Technologies de réseau électrique
335911	Fabrication de batteries d'accumulateurs	Batteries pour voitures électriques / stockage d'énergie à grande échelle	Technologies des batteries et du stockage de l'énergie
335929	Fabrication d'autres fils de communication et d'énergie	Câbles électriques	Technologies de réseau électrique

Source : représentation propre

Pour mesurer le degré de similitude entre les industries en ce qui concerne les liens de la chaîne d'approvisionnement, nous utilisons la version actuelle des tableaux nationaux d'entrées-sorties du BEA⁴⁹. Ces tableaux sont également beaucoup plus détaillés que leurs homologues européens. Ils montrent les relations entrées-sorties jusqu'aux industries nationales à six chiffres (ou parfois des agrégats mineurs) et fournissent donc une image détaillée de la composition des intrants et des clients d'une industrie. Nous mesurons le degré de similitude des intrants entre deux industries par un coefficient de corrélation entre les parts de valeur des intrants achetés et les différentes catégories d'intrants. Une forte corrélation positive implique un degré élevé de similitude dans la composition des intrants et donc de fortes économies d'échelle conjointes liées aux intrants en cas de partage des mêmes fournisseurs locaux. De même, nous calculons le degré de similitude entre deux industries en ce qui concerne leurs liens en aval comme le coefficient de corrélation des parts de valeur des industries clientes.

Nous calculons le degré de similitude de la demande de main-d'œuvre sur la base des données de l'enquête Occupational Employment and Wage Statistics (OEWS) du Bureau of Labor Statistics. Elles indiquent le nombre d'employés par groupe professionnel, différencié par industries NAICS⁵⁰. La base est la classification standard des professions (SOC) 2018 des États-Unis⁵¹. Elle permet de différencier jusqu'à

⁴⁹ BEA (2024). [Données sur les comptes d'entrées-sorties](#). Département du commerce des États-Unis - Bureau d'analyse économique.

⁵⁰ BLS (2024a). [Classification standard des professions](#). Bureau des statistiques du travail des États-Unis.

⁵¹ BLS (2024b). [Statistiques sur les salaires par profession et par emploi](#). Bureau des statistiques du travail des États-Unis.

876 groupes professionnels détaillés, ce qui reflète les différences dans le domaine d'activité ainsi que dans les niveaux de qualification des employés. Nous choisissons ici une approche comparable et calculons les coefficients de corrélation de la distribution de l'emploi par groupes professionnels entre les industries.

Nous effectuons des analyses de grappes k-means pour les mesures de similarité individuelles afin d'identifier les clusters parmi les industries⁵². Les secteurs qui sont affectés aux mêmes clusters technologiques que les industries NZT pour les trois mesures de similitude sont identifiés comme des secteurs liés. Enfin, les chiffres de l'emploi régional pour les équivalents NACE de ces secteurs liés sont utilisés comme indicateur du potentiel de liens industriels dans une région NUTS-2.

4.2 Résultats

4.2.1 Infrastructures publiques

Le tableau A1 de l'annexe présente les résultats de l'analyse des composantes principales. Les distributions régionales des catégories d'infrastructures qui en résultent sont illustrées par la carte A1 sous forme de quintiles. Outre un clivage général entre l'ouest et l'est, elle révèle un schéma nuancé. Alors que les infrastructures de transport sont, sans surprise, jugées particulièrement bonnes dans les régions du noyau économique européen, il n'y a guère de corrélation avec les schémas d'agglomération existants dans les autres dimensions de l'infrastructure. En ce qui concerne la qualité des TIC, les différences entre les pays sont particulièrement frappantes. L'Espagne, le Danemark et les pays du Benelux bénéficient d'une couverture élevée en matière d'accès au haut débit à l'échelle nationale. En revanche, les régions industrielles d'Allemagne et d'Italie n'atteignent que des valeurs inférieures à la moyenne dans certains cas. Dans le domaine de la qualité administrative, les régions scandinaves font presque toutes partie des 20 % les plus performants. Une grande partie du Benelux et certaines parties de l'Allemagne figurent également parmi les régions les plus performantes. L'évaluation de la base de recherche, en revanche, se réfère beaucoup plus aux centres régionaux au sein des États membres, y compris les pays situés en dehors du cœur de la production industrielle en Europe. Dans l'ensemble, l'évaluation des infrastructures montre un chevauchement complexe de facteurs de développement nationaux et régionaux.

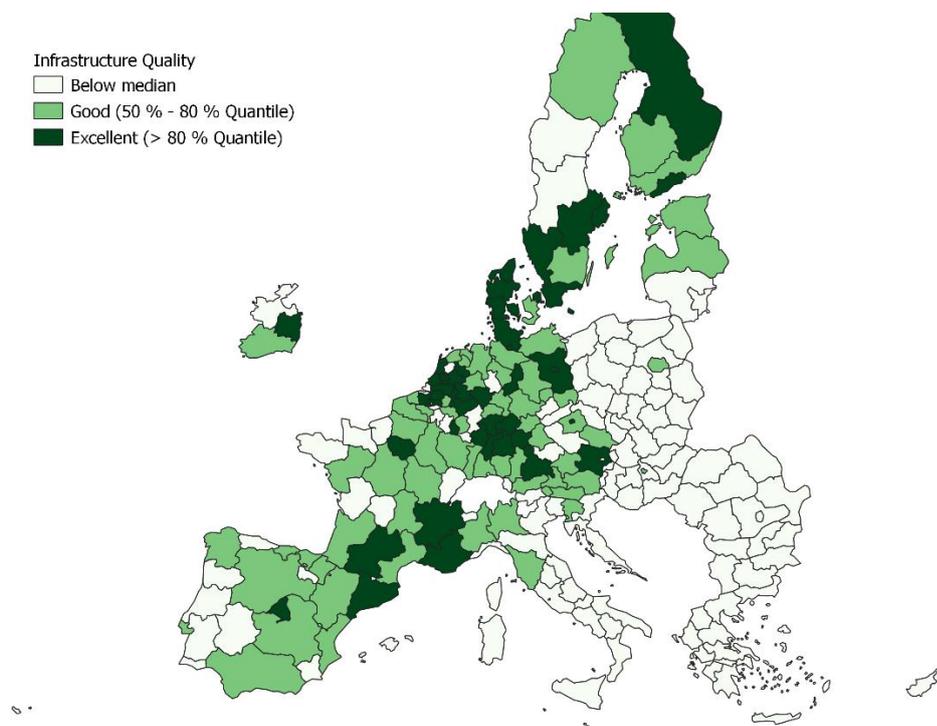
Pour obtenir une mesure globale de la qualité des infrastructures, différents types de processus de pondération et d'agrégation sont envisageables. Les entreprises appartenant à des secteurs d'activité à solde nul diffèrent quant au poids spécifique qu'elles accordent à certaines catégories d'infrastructures. Cependant, il est généralement plausible que les différentes catégories ne soient pas considérées comme des substituts parfaits, étant donné les types distincts de services d'infrastructure qu'elles reflètent. Les faiblesses d'une catégorie ne peuvent pas être compensées aussi facilement par les forces d'autres catégories. Dans ce qui suit, nous reflétons cette idée par une agrégation multiplicative (moyenne géométrique) des valeurs des quatre sous-indices d'infrastructure.

La carte 3 illustre la répartition spatiale de cette évaluation globale. Les dix premières régions sont indiquées dans le tableau 4. Il s'agit de régions situées dans quatre États membres seulement : Allemagne, France, Danemark et Pays-Bas. Conformément à notre pondération, ces régions affichent des performances supérieures à la moyenne dans presque toutes les catégories. Certaines d'entre elles, mais pas

⁵² Pour chaque mesure de similarité, le nombre optimal de grappes a été choisi sur la base de la méthode de la silhouette.

toutes, sont déjà d'importants centres de production de haute technologie dans toute l'Europe (voir tableau 4). Inversement, tous les sites importants de haute technologie ne présentent pas une qualité d'infrastructure supérieure à la moyenne. Parmi les contre-exemples, citons la Lombardie (ITC4) et le Latium (ITI4), qui ne se situent qu'en milieu de peloton en termes de performance des infrastructures dans l'UE.

Carte 3: Qualité des infrastructures dans les régions NUTS-2 de l'UE (moyenne géométrique)



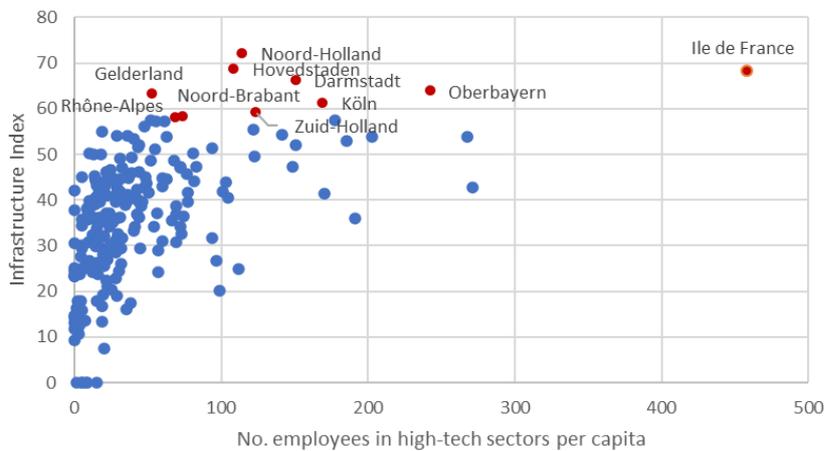
Source : calculs personnels

Tableau 4: Les 10 premières régions NUTS-2 de l'UE pour la qualité des infrastructures (moyenne géométrique)

Rang	NUTS	Région	Transport l'infrastructure	TIC l'infrastructure	Public l'administration	Recherche base	Total l'infrastructure
1	NL32	Noord-Holland Ville d'Hoved- staden	64.18	99.34	69.05	61.54	72.14
2	DK01	Ile de France	32.43	86.30	79.35	100.00	68.65
3	FR10	Darmstadt	100.00	85.32	48.72	52.22	68.26
4	DE71	Oberbayern	93.02	69.00	71.35	41.65	66.08
5	DE21	Guelderland	68.64	54.75	72.00	61.29	63.81
6	NL22	Köln	41.99	96.37	78.16	50.30	63.16
7	DEA2	Zuid-Holland	58.81	63.08	65.33	57.60	61.13
8	NL33	Noord-Brabant	31.82	98.75	72.97	53.16	59.09
9	NL41	Rhône-Alpes	41.46	96.13	71.65	40.53	58.33
10	FRK2		78.75	64.74	57.80	37.03	57.47

Source : calculs personnels ; très élevé, élevé, moyen

Graphique 4: Comparaison de la qualité des infrastructures et de l'industrie de haute technologie dans les régions NUTS-2 de l'UE

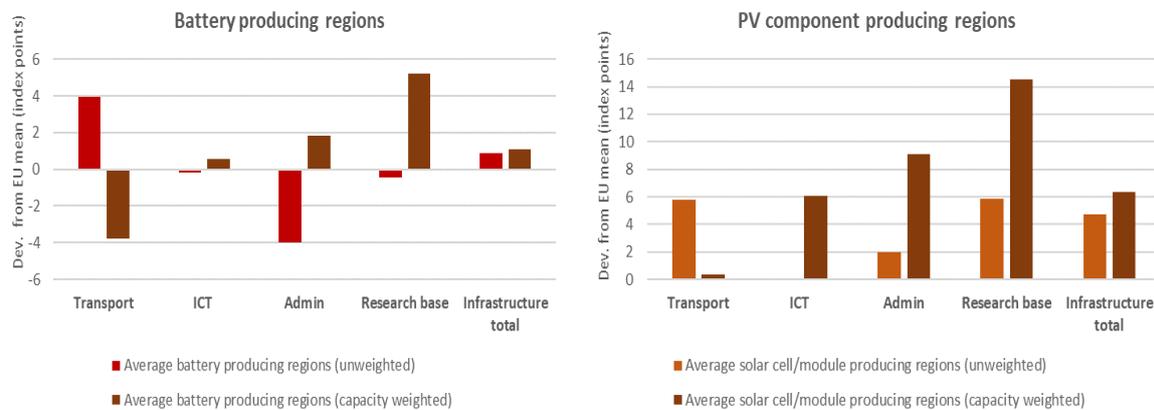


Sources : Eurostat (2024) ; calculs personnels.

Dans le même temps, la nature des besoins en infrastructures et leur importance pour les décisions de localisation sont toujours spécifiques à la technologie. Nous pouvons illustrer cela en examinant séparément les régions NUTS-2 de l'UE qui abritent actuellement des installations de production (déjà opérationnelles ou prévues) de batteries et de composants photovoltaïques (wafers, lingots, cellules ou modules). Les données à ce sujet proviennent du European clean tech tracker de l'Institut Bruegel⁵³. Le graphique 5 montre les écarts entre les valeurs moyennes mesurées des infrastructures pour ces sites et la moyenne de l'UE. Dans l'évaluation globale, les régions dotées d'installations de production de batteries affichent des performances en matière d'infrastructures à peine supérieures à la moyenne de l'UE. Cela vaut aussi bien pour une moyenne non pondérée que pour une moyenne pondérée en fonction du niveau de la capacité régionale de production de batteries. Seule la qualité de la base de recherche est nettement supérieure à la moyenne dans les régions à forte capacité de production. La situation est différente pour les régions ayant des capacités de production dans le secteur des composants photovoltaïques. À l'exception des transports, l'évaluation des différentes catégories d'infrastructures est nettement supérieure à la moyenne dans les régions à fortes capacités. Ici aussi, l'écart est le plus évident dans la catégorie de la base de recherche. Il ne s'agit pas d'une indication de causalité, mais d'indications sur l'interaction entre les implantations d'entreprises et les conditions-cadres générales.

⁵³ Bruegel (2024). [Observatoire européen des technologies propres](#).

Graphique 5: Qualité des infrastructures dans les régions NUTS-2 de l'UE dotées de sites de production de batteries et de systèmes photovoltaïques



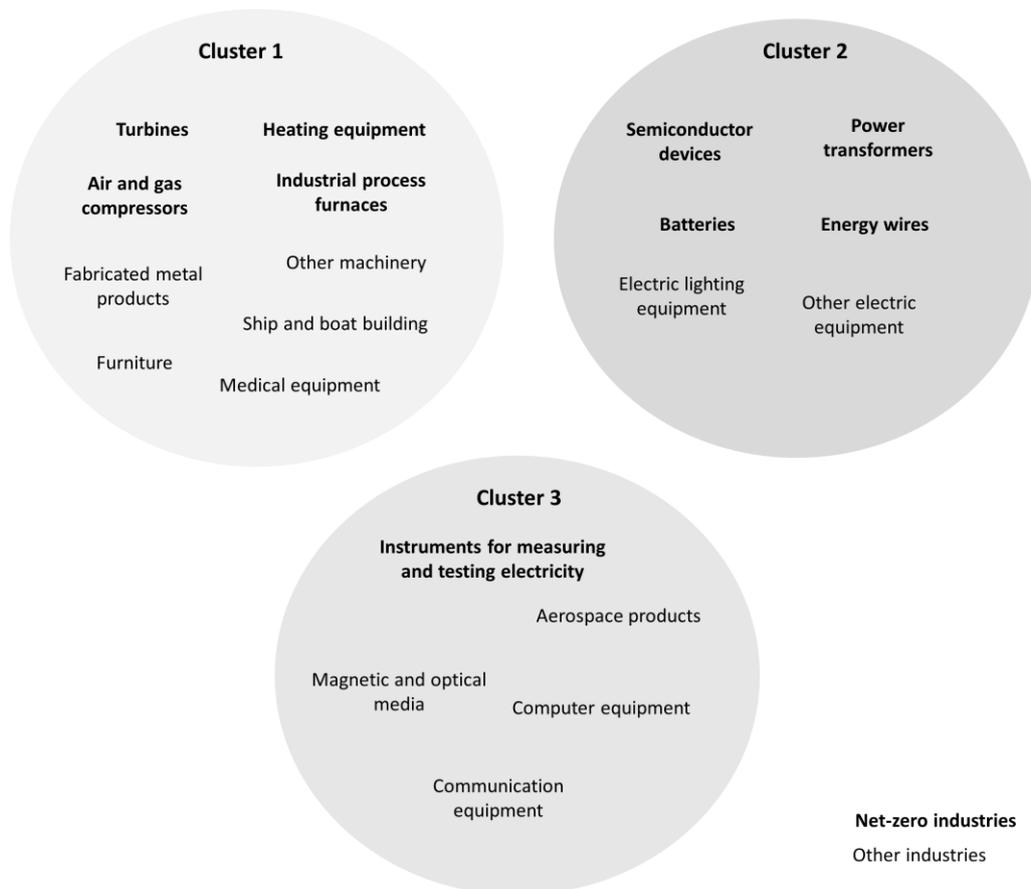
Sources : calculs personnels ; Eurostat (2024), Bruegel (2024).

4.2.2 Liens avec l'industrie

L'analyse des données américaines détaillées révèle les besoins en intrants caractéristiques des industries des NZT. Par rapport à d'autres industries, la demande de biens intermédiaires est fortement concentrée sur l'acier, le cuivre et d'autres métaux et produits métalliques (voir le tableau A2 en annexe). La composition de la main-d'œuvre présente également un profil clair. Les techniciens et les ingénieurs de diverses spécialisations font partie des groupes professionnels les plus souvent employés (voir tableau A3). Cependant, les professions techniques traditionnelles ne sont pas les seules à dominer, les développeurs de logiciels sont également fortement représentés parmi les employés, ce qui souligne l'importance de la numérisation pour ces industries.

L'analyse des grappes décrite à la section 4.1 identifie les industries qui sont fortement liées aux industries NZT dans les trois dimensions technologiques (biens intermédiaires, marchés de vente, demande de main-d'œuvre). Le graphique 6 résume les clusters pertinents dans un diagramme. Leur composition détaillée et leur représentation NACE figurent dans le tableau A4. Selon le rapport, les industries NZT couvertes sont réparties sur un total de trois clusters technologiques. Le cluster 1 contient quatre industries NZT : Équipements de chauffage, turbines, compresseurs et fours de traitement. Elles sont regroupées avec d'autres industries dans le domaine des machines et d'autres équipements de haute qualité, mais aussi avec la production de produits métalliques en amont. Le groupe 2 comprend quatre autres industries NZT : dispositifs à semi-conducteurs, transformateurs de puissance, batteries et fils d'énergie. Elles partagent le pôle avec d'autres segments de l'équipement électrique. Enfin, dans le groupe 3, la seule industrie NZT est celle des instruments de mesure et de test.

Graphique 6: Composition des clusters technologiques



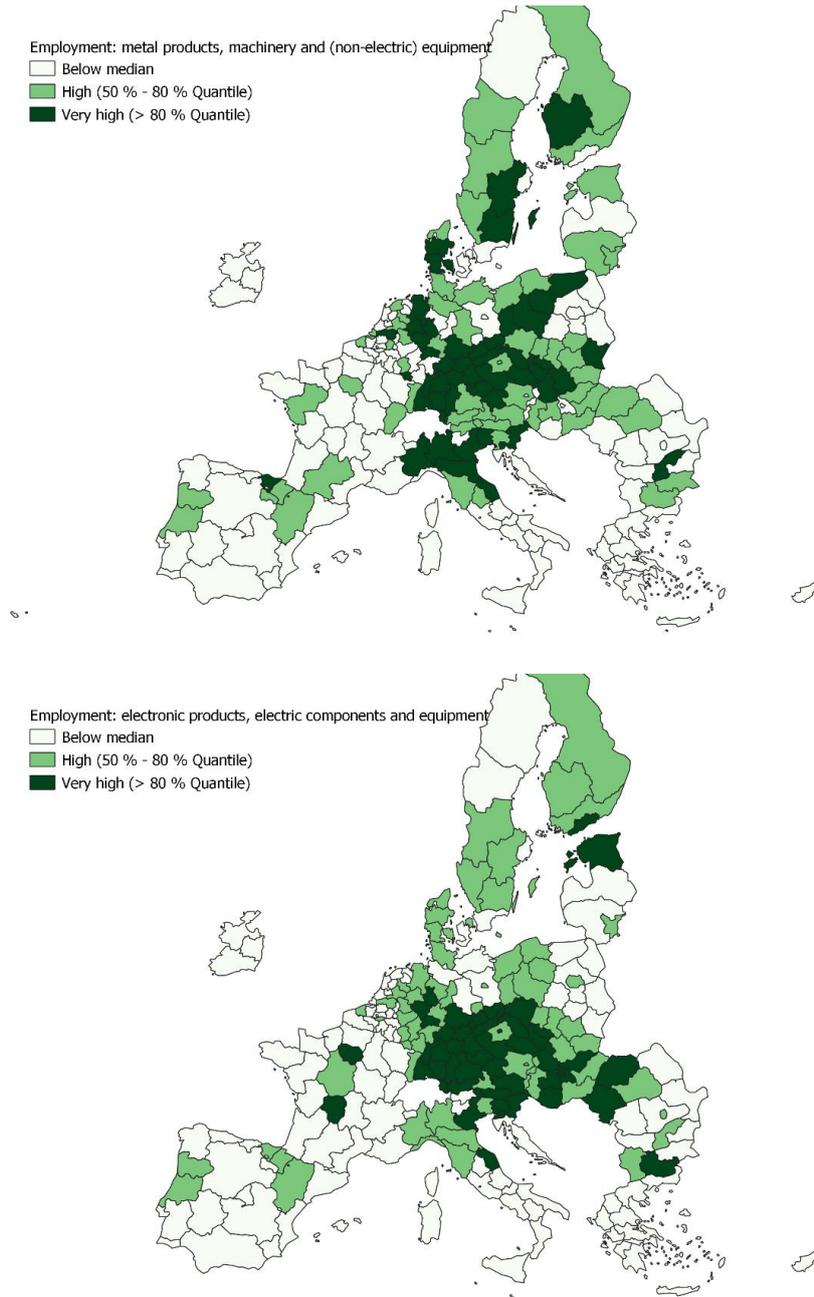
Source : illustration personnelle

Les clusters 1 et 2 sont particulièrement intéressants à nos yeux, car ils contiennent toute une série de technologies neutres en carbone. Notre analyse des politiques en matière de clusters (voir la section 3.2) suggère qu'il serait très difficile de créer de toutes pièces de tels clusters de haute technologie à plusieurs niveaux. L'attrait naturel d'une région pour les producteurs de technologies neutres en carbone (toutes choses égales par ailleurs) augmente avec le nombre d'industries étroitement liées qui sont déjà ancrées dans la région. Les conditions économiques de départ dans les régions auront donc une influence significative sur les perspectives de croissance naturelle des vallées d'accélération de la neutralité carbone. Les données régionales de l'UE permettent d'estimer le niveau actuel de l'activité économique, dans les groupes industriels concernés, sur la base des chiffres de l'emploi sectoriel dans les régions NUTS 2. La classification sectorielle détaillée des statistiques américaines doit d'abord être transférée au niveau moins détaillé à deux chiffres de la classification européenne NACE (voir tableau A4 pour la classification). Il en résulte un groupe 1 comprenant les « produits métalliques, machines et équipements (non électriques) » et un groupe 2 comprenant les « produits électroniques, composants et équipements électriques ».

La carte 7 illustre la répartition de l'intensité de l'emploi dans les groupes industriels en tant que nombre de salariés régionaux par habitant en 2020, dernière année disponible. Les schémas spatiaux présentent une nette similitude, ce qui reflète le rôle important des effets d'agglomération interindustriels et des facteurs généraux de localisation régionale. Les grandes bandes interrégionales d'activité industrielle intensive dans le centre de l'Europe contrastent avec les points chauds locaux à la périphérie. En ce qui

concerne le groupe « produits métalliques, machines et équipements (non électriques) », le sud et le nord-ouest de l'Allemagne, le nord de l'Italie/sud-est de la France, le nord de la Pologne et la République tchèque/Slovaquie/Hongrie forment de grands centres de production interrégionaux. Dans le segment « produits électroniques, composants et équipements électriques », la concentration sur l'Europe centrale est encore plus forte. Certaines parties de la Roumanie et de l'Estonie sont des centres importants à l'est, tout comme le centre de la France à l'ouest.

Carte 7: Densité d'emploi pour les groupes industriels identifiés dans les régions NUTS-2 de l'UE (2020)



Source : Eurostat (2024) ; calculs personnels.

4.2.3 Évaluation comparative

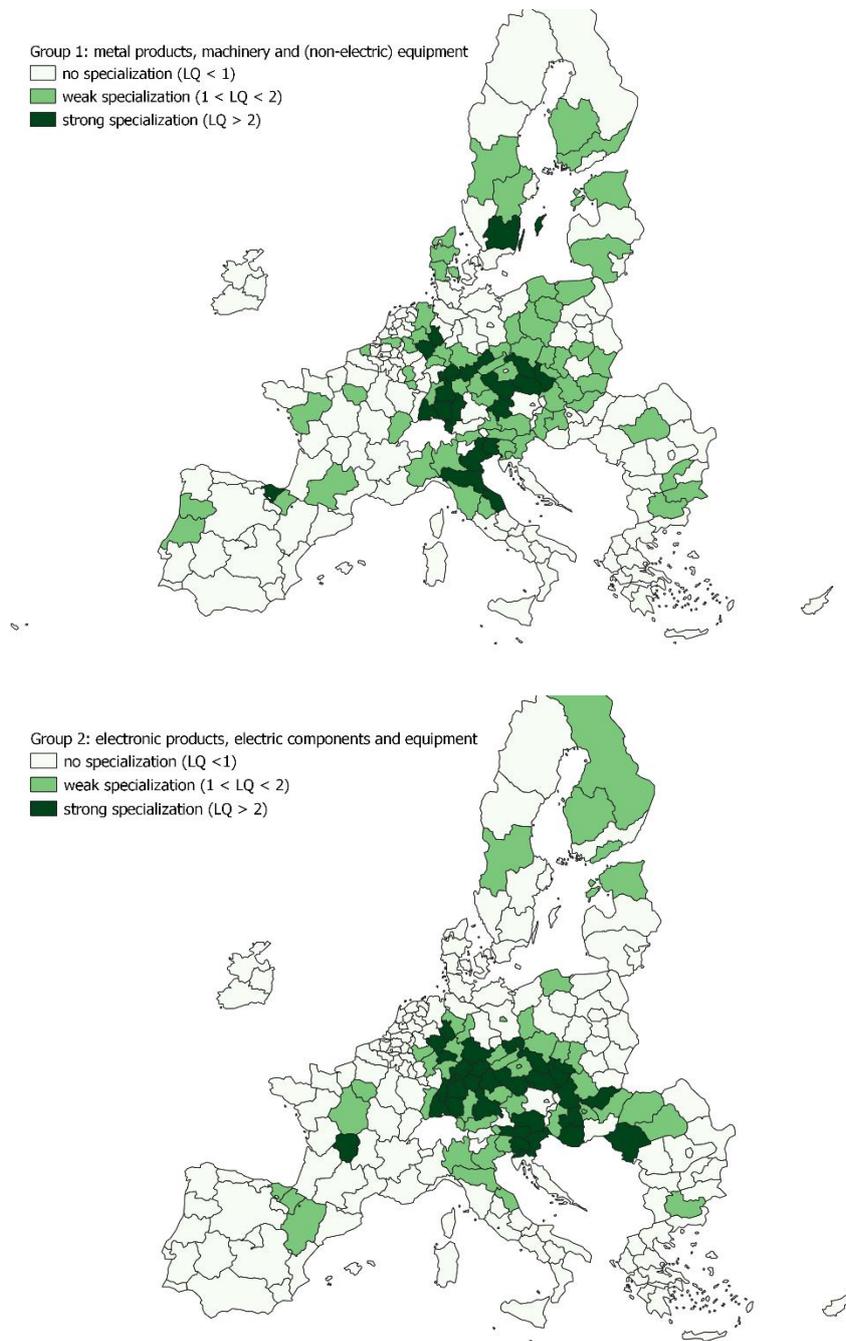
Pour identifier les « candidats naturels » parmi les régions de l'UE pour le développement de vallées d'accélération de la neutralité carbone, nous comparons les résultats précédents sur l'infrastructure et les activités spécifiques à l'industrie avec les schémas de spécialisation régionale. Une telle analyse ne peut évidemment pas fournir une évaluation détaillée des conditions du site dans les microrégions individuelles, mais elle donne une impression du modèle géographique général de l'activité de production qui peut être attendu pour les technologies neutres en carbone sur la base des conditions actuelles.

D'un point de vue européen, une question importante est celle de la future division spatiale du travail. Toutes les régions industrielles européennes ne peuvent ni ne doivent se spécialiser dans la production de technologies neutres en carbone. Pour assurer la résilience et la compétitivité de l'UE dans son ensemble, les centres régionaux de production de technologies non liées au climat et de produits intermédiaires de base sont tout aussi importants. Une structure spatiale efficace des vallées d'accélération de la neutralité carbone devrait donc reposer sur les avantages comparatifs existants des régions.

Les données de l'UE nous permettent d'identifier la spécialisation régionale sur la base des chiffres de l'emploi sectoriel dans les régions NUTS 2 examinées dans la section précédente. Le quotient de localisation (QL) est utilisé comme mesure de la spécialisation régionale. Il est calculé comme le rapport entre les parts de l'emploi régional et les parts de l'emploi à l'échelle de l'UE dans les industries concernées. Pour les deux groupes d'industries, nous calculons les QL des régions NUTS-2 sur la base des chiffres de l'emploi régional d'Eurostat pour 2020, qui sont les plus récents disponibles.

Le graphique 8 illustre la distribution spatiale des QL, en distinguant une spécialisation forte ($QL \geq 2$) et faible ($1 \leq QL < 2$). En conséquence, la plupart des centres de production régionaux identifiés dans la sous-section précédente montrent également une spécialisation relative de leur structure économique dans les secteurs concernés. De fortes formes de spécialisation dans les deux groupes industriels sont particulièrement évidentes dans les régions du sud-ouest de l'Allemagne et de la République tchèque. Dans le cas du groupe 1, on observe également des formes de spécialisation très manifestes dans le nord de l'Italie, entre autres, et, dans le cas du groupe 2, en Hongrie.

Graphique 8: Distribution de la spécialisation régionale dans les industries neutres en carbone



Source : Eurostat (2024) ; calculs personnels.

Une comparaison des analyses précédentes permet d'identifier provisoirement les régions à fort potentiel. Si, comme le suggère la littérature sur les agglomérations (voir section 3), la qualité de l'infrastructure générale et les avantages de l'agglomération spécifique à une industrie déterminent conjointement l'attrait d'un lieu, les régions qui se distinguent dans les deux domaines sont des « candidats naturels » pour les vallées d'accélération de la neutralité carbone. Le tableau 5 dresse la liste de ces régions pour les deux groupes d'industries considérés. Les régions en vert foncé sont des régions dont les valeurs sont exceptionnellement élevées (> 80 % du quantile) en ce qui concerne la qualité des infrastructures et la taille régionale des groupes industriels respectifs (mesurée en termes d'emploi). Pour les deux groupes

industriels, il s'agit de plusieurs régions du sud de l'Allemagne. Les régions scandinaves sont également représentées de manière cohérente. Les régions en vert clair n'obtiennent que des valeurs exceptionnellement élevées pour l'une des deux mesures et des valeurs assez élevées ($50\% < x < 80\%$) pour l'autre. Ce segment comprend plusieurs régions d'Autriche et d'Italie. Les régions fortement industrialisées d'Europe de l'Est sont à peine représentées dans ce segment, en raison de leur mauvaise évaluation de l'infrastructure.

Tableau 5: Liste des régions à fort potentiel par groupe industriel

Groupe industriel 1 : produits métalliques, machines et équipements (non électriques)					
Excellente infrastructure, taux d'emploi très élevé		Bonne infrastructure, taux d'emploi très élevé		Excellente infrastructure, taux d'emploi élevé	
Code	Nom de la région	Code	Nom de la région	Code	Nom de la région
DE11	Stuttgart	AT31	Oberösterreich	DEA1	Düsseldorf
DE12	Karlsruhe	CZ06	Jihovýchod	DK05	Nordjylland
DE25	Mittelfranken	DE13	Freiburg	FR10	Ile de France
DE26	Unterfranken	DE14	Tübingen	FRJ2	Midi-Pyrénées
DEA5	Arnsberg	DE23	Oberpfalz	NL41	Noord-Brabant
DK03	Syddanmark	DE24	Oberfranken		
DK04	Midtjylland	DE27	Schwaben		
SE12	Östra Mellansverige	DE72	Gießen		
		DE94	Weser-Ems		
		DED2	Dresde		
		DEG0	Thuringe		
		ES21	Pays Basque		
		FI19	Länsi-Suomi		
		ITC1	Piémont		
		ITC4	Lombardie		
		SE21	Småland en Suède		
Groupe d'industries 2 : produits électroniques, composants et équipements électriques					
Excellente infrastructure, taux d'emploi très élevé		Bonne infrastructure, taux d'emploi très élevé		Excellente infrastructure, taux d'emploi élevé	
Code	Nom de la région	Code	Nom de la région	Code	Nom de la région
CZ01	Praha	AT21	Carinthie	DE30	Berlin
DE11	Stuttgart	AT22	Steiermark	DE71	Darmstadt
DE12	Karlsruhe	AT31	Oberösterreich	DE91	Braunschweig
DE21	Oberbayern	AT33	Tyrol	DEA2	Köln
DE25	Mittelfranken	CZ02	Střední Čechy	FI1D	Pohjois- ja Itä-Suomi
DE26	Les débouchés	CZ06	Jihovýchod		
DEA5	Arnsberg	DE13	Fribourg		
FI1B	Helsinki-Uusimaa	DE14	Tübingen		
FR10	Ile de France	DE24	Oberfranken		
		DE27	Schwaben		
		DE72	Gießen		
		DED2	Dresde		
		DEG0	Thuringe		
		EE00	Eesti		

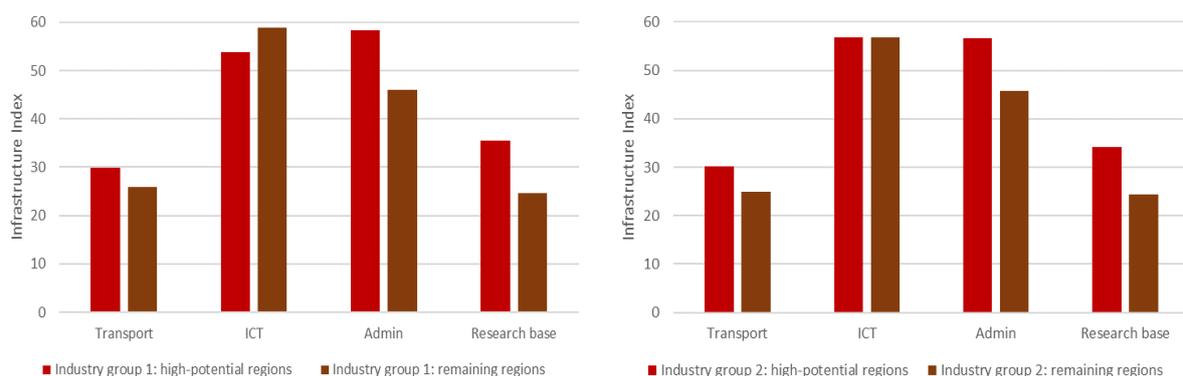
HU11	Budapest
SI04	Zahodna Slovenija

Source : calculs personnels

Les résultats suggèrent une concentration spatiale des futures vallées d'accélération de la neutralité carbone dans des régions qui sont déjà majoritairement des régions à haut revenu en Europe. Étant donné que les technologies neutres en carbone ont besoin d'intrants divers, cela ne contribuera pas nécessairement à la divergence des revenus en Europe. Les autres régions pourraient bénéficier de l'augmentation des capacités de production des technologies neutres en carbone en se spécialisant dans des intrants à moindre intensité technologique. Cela est particulièrement vrai si une politique de chaîne d'approvisionnement axée sur la résilience favorise les sites des fournisseurs européens. À long terme, toutefois, le potentiel élevé d'effets d'apprentissage à l'échelle de l'industrie offert par les jeunes technologies neutres en carbone pourrait favoriser une telle divergence. Plus les retombées de connaissances associées sont limitées dans l'espace, plus l'évolution de la productivité dans les vallées d'accélération de la neutralité carbone pourrait se dissocier des autres régions.

Une autre stratégie pour permettre aux régions industrielles structurellement faibles de participer aux capacités de production émergentes est la modernisation ciblée de l'infrastructure régionale. Le graphique 9 montre les différences mesurées dans le niveau de qualité moyen entre le groupe des régions à fort potentiel du tableau 5 et les autres régions avec une spécialisation régionale (LQ > 1) pour nos quatre catégories d'infrastructures (voir sous-section 4.2.1). Les autres régions obtiennent en moyenne des résultats nettement inférieurs à ceux des régions à haut potentiel en ce qui concerne la qualité des services administratifs et la base de recherche locale. Il n'y a pas de différences significatives entre les types de régions dans les deux autres catégories d'infrastructures. Cela suggère qu'un processus de mise à niveau des infrastructures devrait se concentrer sur l'infrastructure de la connaissance et la réduction des inefficacités administratives.

Graphique 9: Performance moyenne des infrastructures dans les régions à fort potentiel par rapport aux autres régions

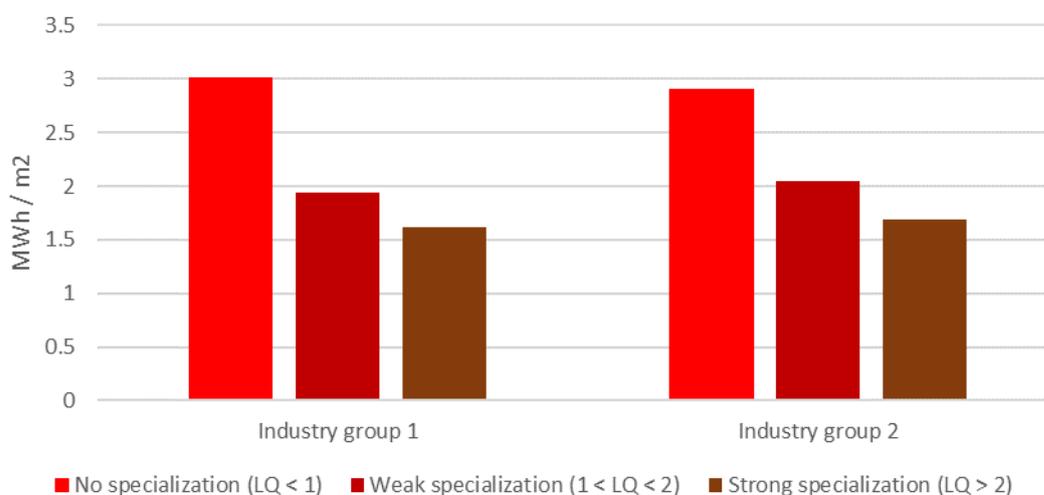


Source : calculs personnels

Un autre facteur potentiellement limitant est la question de l'approvisionnement en énergie. Comme indiqué plus haut, un accès suffisant à l'électricité produite à partir de sources renouvelables peut jouer un rôle de plus en plus important dans l'expansion des capacités de production pour les technologies neutres en carbone. À cet égard également, des différences systématiques entre les types de régions sont évidentes. Selon les chiffres estimés par Kakoulaki et al. (2021), le potentiel de production

d'énergies renouvelables dans les régions spécialisées dans les groupes industriels concernés est nettement inférieur à la moyenne de l'UE. Ceci est particulièrement vrai pour les régions ayant une spécialisation particulièrement forte (voir graphique 10). Cela s'explique principalement par le fait qu'une grande partie des régions spécialisées sont situées loin des côtes maritimes, qui conviennent le mieux à l'énergie éolienne. Les futurs centres de production de technologies neutres en carbone pourraient donc dépendre dans une large mesure de l'afflux d'énergie en provenance d'autres régions.

Graphique 10: Potentiel annuel moyen de production d'énergie renouvelable dans les régions par spécialisation



Source : Kakoulaki et al : (2021) ; calculs personnels.

5 Recommandations pour un cadre européen favorable

Pour que les fabricants européens puissent réussir sur les marchés concurrentiels des technologies respectueuses du climat, les sites de production nationaux doivent offrir toutes les ressources essentielles. En principe, les vallées d'accélération de la neutralité carbone introduites par la loi sur l'industrie neutre en carbone (voir section 2) sont un instrument adéquat pour permettre aux États membres de développer des régions bénéficiant de bonnes conditions de départ pour en faire de futurs centres de production. La forte intensité de connaissances et le développement rapide des technologies confèrent une grande importance aux retombées des connaissances et aux économies d'échelle dynamiques. Ces effets sont au moins partiellement liés à l'espace. Le regroupement spatial d'industries connexes est donc une stratégie prometteuse. Toutefois, en raison de problèmes de coordination et de la nature des retombées en tant qu'externalités, un tel regroupement ne résultera pas automatiquement d'une prise de décision décentralisée.

Dans le même temps, une condition préalable à la compétitivité mondiale à long terme serait une véritable compétitivité au sein des marchés européens. Le futur schéma des clusters européens neutres en carbone ne doit pas résulter de différences de puissance financière ou d'ambitions de politique industrielle entre les États membres. Au contraire, les clusters doivent émerger comme le résultat d'un processus exploratoire qui identifie les avantages comparatifs actuels et potentiels d'une région au sein du marché intérieur de l'UE. Les « *Net-Zero Industry Valleys* » ne doivent pas être considérées comme un objectif isolé, mais comme une partie intégrante d'une stratégie régionale de spécialisation intelligente.

C'est le seul moyen de parvenir à une division industrielle optimale du travail dans une perspective paneuropéenne. Dans la phase actuelle de développement, il faut éviter une course aux subventions entre les États membres et la promotion parallèle de capacités redondantes.

Cela ne peut être garanti sans un contrôle et une surveillance plus approfondis au niveau de l'UE. Il incombe à l'UE de créer un cadre institutionnel stable qui garantisse la coordination des processus de planification au niveau politique et une concurrence régionale non faussée au niveau économique. À cette fin, des instruments incitatifs appropriés sont nécessaires pour développer de nouveaux marchés, supprimer les barrières existantes et soutenir les régions financièrement faibles mais à fort potentiel par des investissements structurels. Nos propositions s'articulent autour de quatre piliers.

Pilier I : Mise en place d'un cadre de gouvernance

Pour éviter le gaspillage des ressources publiques et la promotion de structures inefficaces, la mise en place des vallées d'accélération de la neutralité carbone devrait faire l'objet d'une coordination et d'un suivi rigoureux au niveau de l'UE. La création d'une plateforme « Net-Zero Europe » composée de représentants des États membres et de la Commission, comme le prévoit la loi sur l'industrie « Net-Zero », est une institution appropriée à cette fin. Elle devrait créer un sous-groupe permanent pour les vallées d'accélération de la neutralité carbone, qui se verrait confier les tâches suivantes :

- **I.(a) Échange régulier sur les étapes de planification et de mise en œuvre** : Les États membres devraient échanger régulièrement des informations sur les régions qu'ils transformeraient en vallées d'accélération de la neutralité carbone, sur les objectifs concrets qu'ils poursuivent pour la combinaison industrielle sur ces sites et sur les types de mesures qu'ils envisagent pour renforcer le site. La Commission devrait résumer les informations fournies par les États membres dans des rapports d'avancement réguliers et les commenter d'un point de vue européen. Les aspects importants de l'évaluation sont la compatibilité avec l'esprit du marché intérieur et la contribution à une future division efficace du travail en Europe.
- **I.(b) Coordination du soutien fiscal et réglementaire entre les États membres** : Outre l'établissement de rapports sur les mesures nationales de soutien, la plateforme « Net-Zero Europe » devrait également examiner régulièrement les moyens d'améliorer la coordination entre les États membres. Cela inclut, par exemple, la coordination dans la conception des « bacs à sable » réglementaires optionnels pour la neutralité carbone. Les possibilités de soutien conjoint aux vallées d'accélération de la neutralité carbone situées dans différents États membres devraient également être examinées si elles présentent des structures complémentaires (par exemple, la vallée A se spécialise dans des produits qui sont des intrants essentiels pour les industries de la vallée B). Un tel soutien collectif aux zones d'agglomération liées par des relations d'entrée-sortie est approprié pour renforcer le développement de chaînes d'approvisionnement européennes compétitives.
- **I.(c) Implication des parties prenantes** : Des boucles de rétroaction régulières avec les parties prenantes concernées doivent faire partie intégrante des consultations sur la poursuite du développement des vallées d'accélération de la neutralité carbone. Cela concerne en premier lieu les représentants des industries concernées. Le groupe industriel neutre en carbone prévu pour le dialogue au sein de l'industrie devrait être directement impliqué dans le processus de consultation et ne pas être seulement invité à formuler des commentaires par la suite. Une interface supplémentaire devrait être créée avec les partenaires stratégiques dans les pays tiers. Cela concerne principalement les parties prenantes privées et publiques des pays tiers avec lesquels l'UE a conclu des accords commerciaux, des partenariats stratégiques sur les matières premières et/ou des partenariats industriels de neutralité carbone. Une partie importante de la coordination concerne la manière dont les partenaires peuvent contribuer à répondre aux besoins des nouvelles vallées d'accélération de la neutralité carbone de l'UE en termes de matières premières ou de produits intermédiaires spécifiques. Elle concernerait également la manière dont l'UE peut soutenir le développement des capacités de production et des infrastructures dans les pays partenaires.

Pilier II : Amélioration ciblée des infrastructures publiques régionales

Afin d'exploiter les potentiels de spécialisation existants dans les technologies neutres en carbone pour les régions ayant une tradition industrielle adaptée mais une faible dynamique d'investissement, l'UE devrait fournir à ces régions un soutien ciblé dans la modernisation de leurs infrastructures publique (matérielle et non matérielle). En particulier, les instruments établis de la politique régionale et de cohésion de l'UE devraient être renforcés pour le développement des vallées d'accélération de la neutralité carbone. Il s'agit également d'aider les autorités régionales à surmonter les goulets d'étranglement administratifs existants.

- **II.(a) Établissement d'objectifs de financement spécifiques pour les vallées d'accélération de la neutralité carbone :** Les objectifs politiques stratégiques fixés pour l'allocation des financements du Fonds européen de développement régional (FEDER) et du Fonds de cohésion de l'UE devraient être complétés par des objectifs spécifiques pour le financement des infrastructures dans les vallées d'accélération de la neutralité carbone. Lors de la distribution de ces fonds, la priorité devrait être donnée aux régions à fort potentiel de spécialisation et à fort déficit d'infrastructures.
- **II.(b) Soutien des capacités de recherche régionales par le biais d'initiatives de coopération :** Les programmes de l'UE visant à intensifier les échanges transfrontaliers entre les institutions de la connaissance, tels que l'Alliance européenne des universités⁵⁴, renforcent la base de recherche régionale. La mobilité réciproque des chercheurs et des étudiants et la mise en place d'équipes de recherche communes se focalisant sur une question précise renforcent l'efficacité des activités de recherche régionales. Les institutions participantes devraient être encouragées à mettre en place des équipes interdisciplinaires axées sur les technologies de transformation. La mise en réseau de ces équipes avec l'économie locale, en particulier les PME et les jeunes entreprises innovantes, devrait être encouragée.
- **II.(c) Assistance à la modernisation des processus administratifs :** Les simplifications administratives prévues pour l'approbation des projets industriels de la neutralité carbone ne seront réalisées que si les unités administratives régionales disposent de ressources suffisantes pour restructurer et concentrer leurs processus. L'UE devrait soutenir les unités responsables de l'administration des entreprises dans les vallées d'accélération de la neutralité carbone, en particulier en ce qui concerne la numérisation des processus et la mise en place de guichets uniques pour les entreprises.

Pilier III : Soutien à l'expansion des capacités par des impulsions du marché

En ce qui concerne les technologies neutres en carbone stratégiques dont les parts de marché européennes sont actuellement faibles, les formes traditionnelles de soutien à l'investissement, telles que les subventions CAPEX, ne suffiront pas, dans de nombreux cas, à amorcer un développement durable des capacités de production nationales. Des perspectives de vente claires doivent être créées afin de contrer l'incertitude entourant le développement de la demande et d'accélérer la mise à l'échelle. Cela s'applique en particulier aux jeunes clusters en phase de croissance. Les impulsions de la croissance de la production locale, de l'approvisionnement en intrants et des marchés du travail, qui se renforcent mutuellement, impliquent une grande sensibilité aux incitations externes et à l'engagement des régulateurs. Dans cette optique, les nouveaux critères d'enchères définis par la NZIA pour les marchés publics

⁵⁴ Alliance universitaire européenne (2024). [Apprendre - Se connecter - Inspirer](#).

et pour la promotion des énergies renouvelables constituent la bonne approche, mais devraient être précisés et élargis.

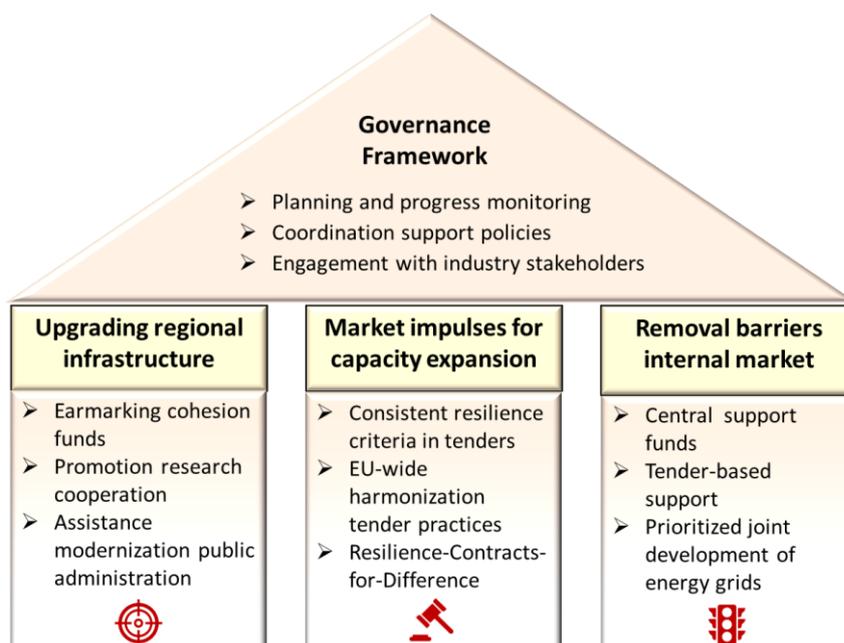
- **III.a) Application de critères de résilience cohérents et bien ciblés dans les appels d'offres publics :** L'introduction de critères de résilience (voir section 2) dans les appels d'offres publics est une stratégie prometteuse pour faire face aux dépendances extérieures et soutenir la production nationale. Toutefois, il convient de veiller à la précision des spécifications concrètes et au risque de promouvoir le développement de capacités inefficaces. Cela implique que le prix de l'offre conserve un poids important en tant que critère d'attribution et que des seuils maximaux soient fixés pour l'écart de prix par rapport à l'offre la plus basse. Toutefois, contrairement aux prescriptions de la NZIA, les critères de résilience doivent être conçus de manière dynamique. Au lieu de fixer une limite maximale générale pour l'achat de composants provenant de pays tiers, cette valeur devrait varier en fonction d'une évaluation transparente de la criticité de la technologie concernée. Dans cette évaluation, l'étendue de la dépendance générale à l'égard des importations et l'importance économique de la technologie devraient être prises en compte en tant que critères. Les critères de criticité de la loi sur les matières premières critiques (CRMA) peuvent servir de modèle à cet égard. Il en va de même pour l'écart de prix maximal. De cette manière, il y a plus de possibilités de récompenser les contributions de résilience pour les technologies stratégiques dont les parts de marché européennes sont encore très faibles.
- **III.b) Harmonisation et contrôle étroit des pratiques en matière d'appels d'offres dans les États membres :** L'UE devrait prescrire et contrôler l'application uniforme des critères de qualification et d'attribution dans les États membres. À cette fin, des exigences plus strictes devraient être fixées pour la pondération des critères dans les appels d'offres. Les règles d'exemption devraient être plus fortement restreintes. Cela devrait permettre d'éviter la fragmentation des incitations à la demande et les formes indirectes de soutien à l'industrie au coup par coup par les différents États membres.
- **III.c) Stimulation de la demande privée par des « contrats de résilience pour différence » :** Outre l'augmentation de la demande par le biais d'appels d'offres publics, des instruments supplémentaires visant à renforcer la demande privée devraient également être envisagés. L'alignement sur les objectifs d'efficacité doit également être une exigence, en particulier pour les industries nationales en aval confrontées à une forte concurrence internationale. Un nouvel instrument approprié à cet effet pourrait être les « contrats de résilience pour différence », un analogue des contrats carbone pour différence déjà mis en œuvre. Dans ce modèle, les producteurs nationaux de technologies neutres en carbone concluraient des contrats d'approvisionnement à long terme avec des clients nationaux à un prix de marché équitable par unité fournie. La différence entre les coûts unitaires initialement élevés des nouveaux producteurs nationaux et le niveau des prix du marché serait partiellement couverte par des subventions publiques aux producteurs. La subvention devrait être continuellement réduite sur une trajectoire définie ex ante, afin de tenir compte des avantages futurs attendus en termes d'échelle et de maintenir les incitations à l'amélioration de l'efficacité. Pour parvenir à divulguer les ratios de coûts réels, le niveau initial de la subvention devrait être déterminé par une procédure d'appel d'offres entre les producteurs de la technologie neutre en carbone.

Pilier IV : suppression des obstacles à l'intégration des marchés

La promotion des agglomérations régionales et la suppression des obstacles à l'intégration du marché doivent aller de pair. Les obstacles techniques et réglementaires au commerce intra-UE des intrants essentiels aux technologies neutres en carbone devraient être supprimés, afin d'éviter les goulets d'étranglement au niveau des ressources dans le développement des groupements et l'établissement de voies d'approvisionnement inefficaces et redondantes. Cela s'applique en particulier à l'approvisionnement suprarégional en sources d'énergie renouvelables. Les clusters régionaux ne deviendront compétitifs au niveau mondial que s'ils peuvent compenser les « éléments manquants » de la dotation régionale par une intégration dans les chaînes d'approvisionnement à l'échelle européenne. À cette fin, le cadre de soutien au développement des capacités de production doit être harmonisé entre les États membres.

- **IV.a) Élargissement des régimes d'aide centraux fondés sur le marché pour les technologies à consommation neutre en carbone :** La flexibilité actuelle accordée aux États membres pour soutenir les technologies respectueuses du climat par le biais d'exemptions temporaires dans l'encadrement des aides d'État de l'UE ne peut constituer une solution permanente. Elle exacerbe les disparités déjà existantes entre les États membres en matière de soutien à la transition et crée une tension dangereuse avec les principes du marché intérieur. L'idée de former des clusters industriels neutres en carbone fondés sur des avantages comparatifs nécessite des conditions de financement uniformes dans l'UE. Outre des réglementations uniformes en matière de marchés publics (voir pilier III), cela nécessite également des fonds européens bien dotés et ciblés. La plateforme STEP (voir chapitre 2), créée pour la promotion de projets sur les technologies critiques, devrait être étendue à cet effet. L'attribution des fonds devrait généralement reposer sur des procédures d'appel d'offres transparentes et concurrentielles et se concentrer sur des instruments axés sur le marché, tels que les contrats de différence évoqués plus haut.
- **IV.b) Développement conjoint d'une infrastructure transfrontalière de réseau énergétique :** Afin d'éviter d'éventuels goulets d'étranglement dans l'accès aux énergies renouvelables, la planification transfrontalière des réseaux d'énergie dans le cadre des RTE-E devrait bénéficier d'une priorité politique élevée. La planification devrait être étendue le plus tôt possible au scénario à long terme d'un système énergétique européen reposant presque entièrement sur des sources d'énergie neutres sur le plan climatique. Le développement d'une infrastructure paneuropéenne de gazoducs pour les sources d'énergie gazeuses alternatives (hydrogène renouvelable, biogaz et leurs dérivés) devrait être accéléré et coordonné avec l'expansion du réseau électrique européen (en particulier l'expansion des interconnexions transfrontalières stratégiques). L'emplacement des vallées d'accélération neutres en carbone devrait également être pris en compte dans les futures étapes de la planification du réseau.

Graphique 11: Structure proposée pour le cadre de soutien de l'UE



Source : illustration personnelle

6 Conclusion

Dans la course mondiale aux parts de marché dans les technologies stratégiques neutres en carbone, l'UE est confrontée à une rude concurrence de toutes parts. Au milieu des subventions publiques stratégiques, des sorties involontaires de connaissances et de la menace d'une escalade des guerres tarifaires, l'Europe a du mal à se mettre d'accord sur son propre programme de politique industrielle. La tentation est grande de répondre par ses propres programmes de subventions massives ou par des mesures protectionnistes. Jusqu'à présent, l'Europe n'a emprunté aucune de ces voies de façon cohérente. Il faut espérer que cela reste le cas. Après tout, nous ne pouvons pas gagner une course aux subventions contre la Chine et ses ressources, et nos sociétés ouvertes ne sont pas capables de survivre à un repli sur l'isolement économique. En outre, des droits d'importation ciblés rendraient les technologies neutres en carbone plus chères au niveau national, ce qui entraverait la décarbonation des secteurs en aval.

La réponse à la concurrence mondiale déloyale devrait plutôt consister à exploiter notre propre potentiel et à développer nos propres forces. Pour ce faire, il faut plus que des incitations fiscales à l'investissement. La promotion des capacités de production par le biais de subventions à l'investissement est inefficace à long terme si ces capacités ne sont pas intégrées dans un écosystème industriel approprié. Le regroupement spatial d'industries à valeur nette nulle dans des structures de type cluster est une stratégie judicieuse pour compenser les désavantages liés aux coûts structurels en réalisant des économies d'échelle générales et des effets d'agglomération spécifiques à l'industrie. Un facteur décisif pour le succès de ces clusters est l'existence de conditions-cadres locales adaptées aux besoins spécifiques des technologies neutres en carbone, telles qu'une forte circulation régionale des connaissances et l'existence d'une main-d'œuvre spécialisée.

Cette étude du cep met en lumière les différences spatiales dans les conditions de départ pour l'établissement de clusters industriels neutres en carbone. Elle révèle une nette disparité entre les régions de l'UE, à la fois en termes de qualité des infrastructures publiques et d'étendue des liens industriels régionaux pertinents. Les macrorégions d'Europe centrale ayant une forte proportion d'industries manufacturières de haute technologie bénéficient d'un net avantage dans ces deux domaines. C'est notamment le cas du sud-ouest de l'Allemagne, du nord de l'Italie, des Pays-Bas, du Danemark et de la République tchèque. De nombreuses régions des États membres de l'Est, dont le revenu par habitant est inférieur à la moyenne, présentent également un potentiel d'emploi élevé dans les segments industriels concernés. Toutefois, les déficits en matière de qualité des infrastructures, en particulier dans le domaine de l'infrastructure de la connaissance, pourraient constituer une pierre d'achoppement pour leur développement en tant que pôles industriels à zéro émission.

Une stratégie politique spécifique peut soutenir le développement des clusters. Elle aide à surmonter les problèmes de coordination dans les décisions de localisation des nouvelles industries et à garantir l'exploitation des externalités d'agglomération. Toutefois, elle doit éviter l'émergence d'une concurrence non coordonnée en matière de subventions entre les régions européennes, qui menacerait de cannibaliser des ressources publiques limitées et provoquerait une répartition spatiale inefficace des capacités de production à travers l'Europe. L'Europe dans son ensemble ne parviendra à rattraper son retard que si la répartition des grappes d'entreprises reflète les véritables avantages comparatifs des régions.

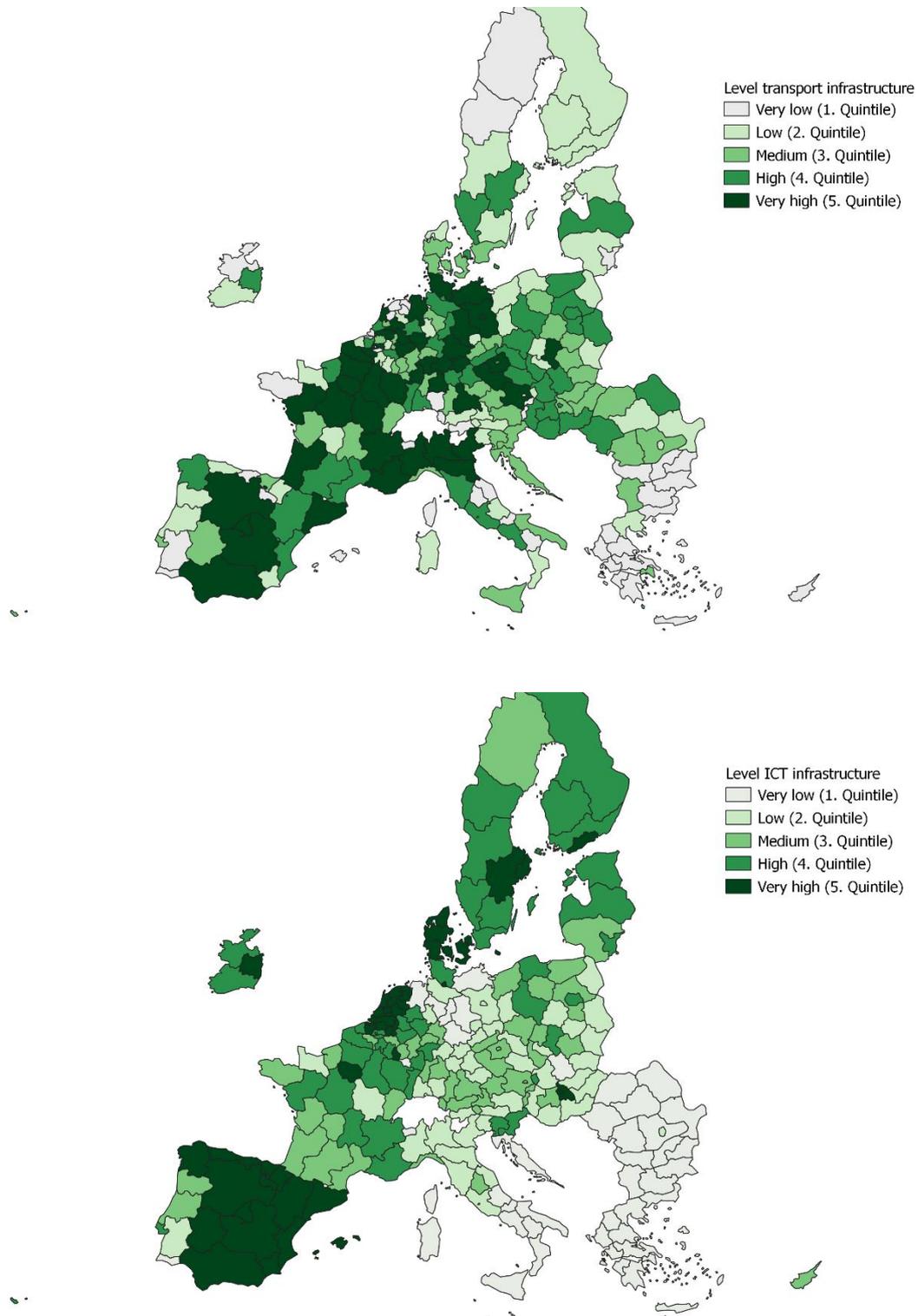
La coordination et la coopération au niveau européen sont essentielles pour une telle spécialisation intelligente. La plateforme Net-Zero Europe introduite par le Net-Zero Industry Act devrait être développée en une institution de gouvernance. Ses tâches principales devraient être la coordination de la planification des vallées d'accélération de la neutralité carbone par les États membres et le suivi de leur développement. Les instruments des politiques régionales et de cohésion de l'UE devraient être utilisés de manière stratégique pour renforcer l'infrastructure des futures vallées d'accélération de la neutralité carbone. Les goulets d'étranglement administratifs existants dans les régions devraient également être éliminés avec l'aide de l'UE. En complément des règles existantes en matière d'aides d'État, des lignes directrices claires devraient être établies dans l'ensemble de l'UE pour la promotion directe des capacités de production, afin d'éviter la prolifération de différents régimes de subvention. Afin de stimuler la demande à l'échelle de l'UE pour une augmentation rapide des capacités de production nationales, de nouveaux critères de résilience pour les marchés publics devraient être définis par l'UE et mis en œuvre de manière uniforme par les États membres. Pour renforcer la demande privée, l'option d'une couverture publique temporaire des écarts de coûts nationaux devrait être explorée, avec les contrats carbone pour différence comme modèle potentiel.

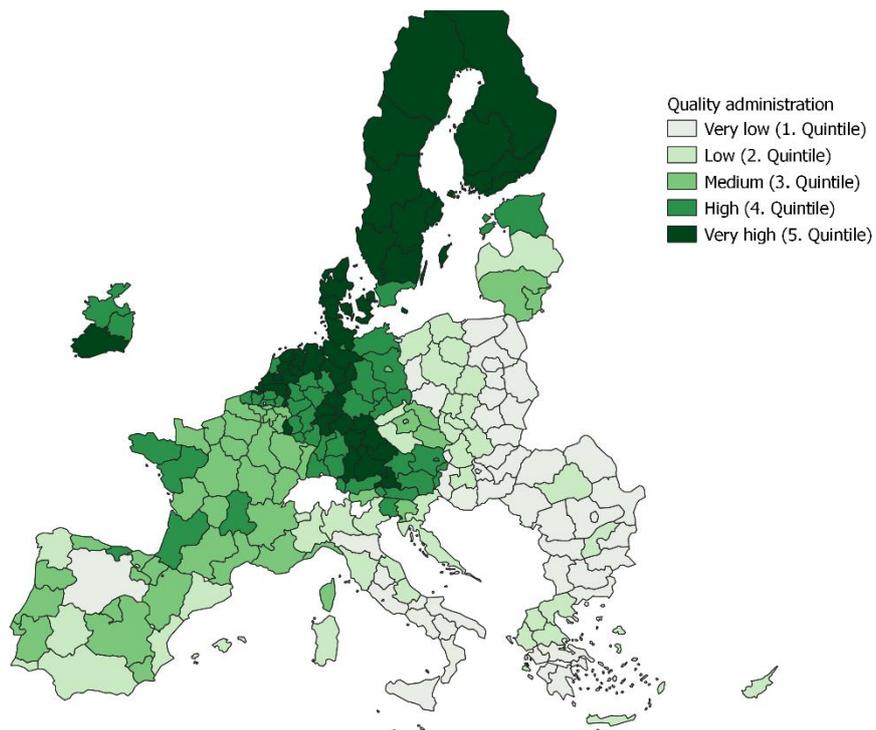
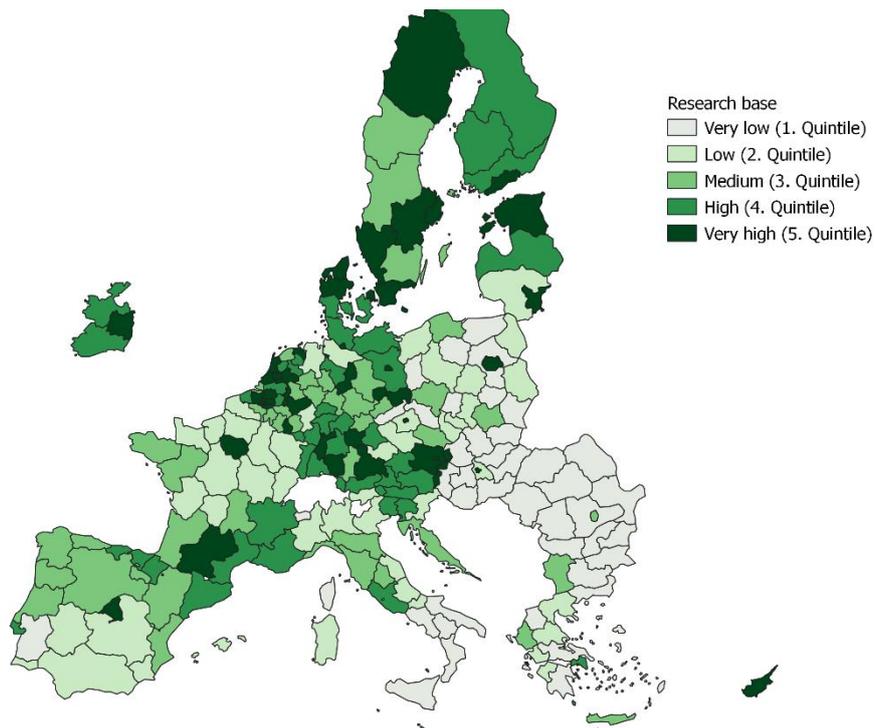
Enfin, une question pertinente pour l'acceptation par le public des politiques de clusters est leur impact à long terme sur l'inégalité économique spatiale en Europe. Les derniers résultats électoraux en Europe suggèrent que les effets distributifs des politiques de transformation contribuent à un dangereux renforcement des extrêmes politiques. Dans ce contexte, il est essentiel que les décideurs politiques soulignent qu'une stratégie de spécialisation intelligente ne vise en aucun cas à désindustrialiser les régions situées en dehors des clusters dédiés. Au contraire, les régions qui abritent l'extraction de matières premières essentielles ou une solide industrie des matériaux de base doivent être considérées comme des pièces de puzzle indispensables au développement de chaînes d'approvisionnement nationales

résistantes. Par conséquent, il est impératif, tant sur le plan politique qu'économique, que les régions présentant des profils industriels différents ne soient pas mises en concurrence lors de l'attribution des fonds de soutien. Pour ce faire, le développement de clusters industriels neutres en carbone doit être intégré dans une stratégie globale de spécialisation intelligente des régions d'Europe. Cette stratégie devrait s'appuyer sur une vision européenne des chaînes d'approvisionnement compétitives dans le cadre d'un futur ordre commercial mondial. Si une telle stratégie est mise en œuvre judicieusement, les pôles industriels à consommation neutre peuvent devenir les nouveaux moteurs de la renaissance industrielle de l'Europe.

7 Annexe

Carte A1: Résultats pour les sous-indices d'infrastructure





Source : calculs personnels

Tableau A 1: Résultats de l'analyse en composantes principales

Index : Transport			
--------------------------	--	--	--

Variables	<i>Vecteurs propres</i>		
	Vecteur 1	Vecteur 2	Vecteur 3
Densité des autoroutes	0.62	-0.32	-0.71
Densité des chemins de fer	0.62	-0.35	0.70
Passagers des vols quotidiens	0.48	0.88	0.02
<i>Valeurs propres</i>	1.47	0.81	0.43

Index : TIC			
--------------------	--	--	--

Variables	<i>Vecteurs propres</i>		
	Vecteur 1	Vecteur 2	Vecteur 3
Ménages ayant accès à la large bande	0.60	-0.37	0.71
Entreprises d'accès à la large bande	0.59	-0.39	-0.70
Internet à haut débit	0.54	0.84	-0.01
<i>Valeurs propres</i>	1.65	0.54	0.04

Index : Base de recherche			
----------------------------------	--	--	--

Variables	<i>Vecteurs propres</i>		
	Vecteur 1	Vecteur 2	Vecteur 3
HRST	0.57	0.80	0.18
Dépenses publiques de R&D	0.58	-0.55	0.60
Publications scientifiques	0.59	-0.24	-0.78
<i>Valeurs propres</i>	1.65	0.44	0.32

Index : Administration publique			
----------------------------------------	--	--	--

Variables	<i>Vecteurs propres</i>		
	Vecteur 1	Vecteur 2	Vecteur 3
Prévention de la corruption	0.58	-0.43	0.69
Qualité et responsabilité	0.57	0.82	0.03
Impartialité	0.58	-0.38	-0.72
<i>Valeurs propres</i>	1.66	0.39	0.32

Source : calculs personnels

Tableau A2: Principaux fournisseurs d'intrants tangibles aux industries américaines NZT

Titre de l'industrie (fournisseur)	Code SCIAN	Part moyenne du mix d'intrants technologies net zéro	
		Part d'intrants la plus élevée en :	
Laminage, étirage, extrusion et alliage du cuivre	331420	0.023	Fabrication de transformateurs de puissance, de distribution et de spécialités
Autres grossistes marchands de biens durables	423A00	0.022	Fabrication de matériel de climatisation et de chauffage à air chaud et de matériel de réfrigération commerciale et industrielle
Sidérurgie et fabrication de ferro-alliages	331110	0.021	Fabrication de matériel de chauffage (sauf les générateurs d'air chaud)
Fonte et affinage de métaux non ferreux (à l'exception de l'aluminium)	331410	0.020	Fabrication de batteries de stockage
Gestion des sociétés et des entreprises	550000	0.019	Fabrication de fours industriels
Laminage, étirage, extrusion et alliage de métaux non ferreux (à l'exception du cuivre et de l'aluminium)	331490	0.013	Fabrication de batteries de stockage
Appareils ménagers et produits électriques et électroniques	423600	0.013	Fabrication de batteries de stockage
Transport par camion	484000	0.011	Fabrication de fils de communication et d'énergie
Autres biens immobiliers	5310RE	0.011	Fabrication de matériel de chauffage (sauf les générateurs d'air chaud)
Machines, équipements et fournitures	423800	0.009	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs

Source : BEA (2024) ; calculs personnels

Tableau A 3: Professions les plus fréquentes dans les industries américaines NZT

Titre de la profession	Code de la profession	Part moyenne des employés technologies net zéro	
		La part des salariés la plus élevée en :	
Assembleurs/assembleuses électriques, électroniques et électromécaniques, à l'exception des bobiniers/ bobinières, des façonneurs/ façonneuses et des finisseurs/finisseuses	51-2028	0.110	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs
Assembleurs et fabricants divers	51-2090	0.088	Fabrication de semi-conducteurs et de dispositifs connexes
Assembleurs/assembleuses de moteurs et d'autres machines	51-2031	0.036	Fabrication de transformateurs de puissance, de distribution et de spécialités
Ingénieurs industriels	17-2112	0.036	Fabrication de batteries ; fabrication de fils de communication et d'énergie
Inspecteurs, testeurs, trieurs, échantillonneurs et peseurs	51-9061	0.032	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs
Machinistes	51-4041	0.031	Fabrication de matériel de chauffage (sauf les fours à air chaud) ; fabrication de compresseurs d'air et de gaz ; fabrication de fours industriels.
Superviseurs de première ligne des travailleurs de la production et de l'exploitation	51-1011	0.030	Fabrication de batteries ; fabrication de fils de communication et d'énergie
Ingénieurs en mécanique	17-2141	0.027	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs
Développeurs de logiciels	15-1252	0.027	Fabrication d'instruments de mesure et d'essai de l'électricité

Soudeurs, coupeurs, brasiers et braseurs	51-4121	0.022	Fabrication de matériel de chauffage (sauf les fours à air chaud) ; fabrication de compresseurs d'air et de gaz ; fabrication de fours industriels.
------------------------------------------	---------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Source : BLS (2024b) ; calculs personnels.

Tableau A 4: Résultats de l'analyse en grappes

Code SCIAN	Titre du SCIAN	Équivalent NACE (code)	Équivalent NACE (titre)
Groupe 1			
3321	Fabrication de produits métalliques	C25	Fabrication de produits métalliques
3331	Fabrication de machines (autres que les industries NZT)	C28	Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.
333415	Fabrication de matériel de chauffage (sauf les générateurs d'air chaud)	C28	Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.
333611	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs	C28	Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.
333912	Fabrication de compresseurs d'air et de gaz	C28	Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.
333994	Fabrication de fours industriels	C28	Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.
3366	Construction de navires et d'embarcations	C30	Fabrication d'autres matériels de transport
3369	Autres équipements de transport	C30	Fabrication d'autres matériels de transport
3371	Fabrication de meubles	C31	Fabrication de meubles
3391	Fabrication d'équipements et de fournitures médicales	C32	Autres activités manufacturières
3399	Divers	C32	Autres activités manufacturières
Groupe 2			
334413	Fabrication de semi-conducteurs et de dispositifs connexes	C26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
3351	Fabrication de matériel d'éclairage électrique	C27	Fabrication d'équipements électriques
335311	Fabrication de transformateurs de puissance, de distribution et de spécialités	C27	Fabrication d'équipements électriques
3353	Fabrication d'équipements électriques (autres que les industries NZT)	C27	Fabrication d'équipements électriques
335911	Fabrication de batteries d'accumulateurs	C27	Fabrication d'équipements électriques
3359	Fabrication d'autres équipements et composants électriques (autres que les industries NZT)	C27	Fabrication d'équipements électriques
335929	Fabrication d'autres fils de communication et d'énergie	C27	Fabrication d'équipements électriques
Groupe 3			
3341	Fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques	C26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
334515	Fabrication d'instruments de mesure et d'essai de l'électricité	C26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
3346	Fabrication et reproduction de supports magnétiques et optiques	C26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
3364	Fabrication de produits et de pièces pour l'aérospatiale	C30	Fabrication d'autres matériels de transport

Source : calculs personnels. **En gras** : industries NZT.

**Auteur :**

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

Traduit depuis l'anglais 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 **Centres for European Policy Network** FREIBURG | BERLIN | PARIS | ROMA.

Le Centre for European Policy Network analyse et évalue la politique de l'Union européenne en tenant compte des intérêts partisans et politiques dans un contexte d'intégration et de solidarité et sur la base des fondements politiques ordonnés d'une organisation libre et économique.