



ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE

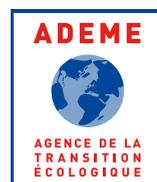
ÉDITION **2024**
23^e bilan EurObserv'ER

Ce baromètre a été réalisé par Observ'ER dans le cadre du projet EurObserv'ER regroupant Observ'ER (FR), TNO (NL), Renac (DE), Fraunhofer ISI (DE), Vito (BE) et Statistics Netherlands (NL).



ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE

ÉDITION **2024**
23^e bilan EurObserv'ER



La version française de ce baromètre et sa diffusion ont bénéficié du soutien de l'Ademe.

Ce document a été préparé pour la Commission européenne, mais il ne représente que l'opinion de ses auteurs. Ni la Commission européenne, ni l'Ademe ne peuvent être tenues responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.

| | |
|---------------------------------------|---|
| ÉDITO par Vincent Jacques le Seigneur | 4 |
| MESSAGES CLÉS | 6 |

Indicateurs énergétiques 8

| | |
|---|-----|
| ■ L'éolien | 12 |
| ■ Le photovoltaïque | 18 |
| ■ Le solaire thermique | 24 |
| ■ L'hydroélectricité | 32 |
| ■ La géothermie | 38 |
| ■ Les pompes à chaleur | 44 |
| ■ Le biogaz | 52 |
| ■ Les déchets municipaux renouvelables | 68 |
| ■ La biomasse solide | 74 |
| ■ Le solaire thermodynamique | 86 |
| ■ Les énergies marines | 92 |
| ■ Les énergies renouvelables dans les transports | 100 |
| • Conclusion | 114 |
| ■ Focus : intégration des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments et l'infrastructure urbaine | 129 |
| ■ Focus : les communautés d'énergie renouvelable | 150 |
| ■ Focus : les parts de marché des différentes technologies dans les puissances électriques installées en 2023 | 158 |
| ■ Focus : capacités de stockage de l'électricité | 160 |

Indicateurs socio-économiques 174

| | |
|---|-----|
| ■ L'éolien | 176 |
| ■ Le photovoltaïque | 178 |
| ■ Le solaire thermique | 180 |
| ■ L'hydroélectricité | 182 |
| ■ La géothermie | 184 |
| ■ Les pompes à chaleur | 186 |
| ■ Le biogaz | 188 |
| ■ Les biofuels | 190 |
| ■ Les déchets municipaux renouvelables | 192 |
| ■ La biomasse solide | 194 |
| • Conclusion | 196 |
| ■ Le développement des énergies renouvelables et son influence sur le secteur des combustibles fossiles | 210 |

Indicateurs d'investissement 213

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables 225

| | |
|--|-----|
| Données sur les coûts d'investissement en Europe | 226 |
| Coût moyen pondéré du capital (CMPC) | 228 |
| Coût actualisé des énergies renouvelables | 234 |
| Prix de l'énergie | 238 |

Consommation de combustibles fossiles évitée, et coûts et émissions de GES évités en résultant 241

Indicateurs d'innovation et de compétitivité 255

| | |
|--|-----|
| Investissements dans la R&D | 256 |
| Investissements publics en R&D | 258 |
| ■ L'énergie solaire | 258 |
| ■ La géothermie | 259 |
| ■ L'hydroélectricité | 260 |
| ■ Les biocarburants | 261 |
| ■ L'éolien | 262 |
| ■ L'Énergie océanique | 263 |
| ■ Total des technologies renouvelables | 264 |
| Investissements privés dans la R&D | 266 |
| ■ L'énergie solaire | 266 |
| ■ La géothermie | 267 |
| ■ L'hydroélectricité | 268 |
| ■ Les biocarburants | 269 |
| ■ L'éolien | 270 |
| ■ L'Énergie océanique | 271 |
| ■ Total des technologies renouvelables | 272 |
| • Conclusion | 274 |
| Dépôts de brevets | 276 |
| ■ L'énergie solaire | 278 |
| ■ La géothermie | 280 |
| ■ L'hydroélectricité | 282 |
| ■ Les biocarburants | 284 |
| ■ L'éolien | 286 |
| ■ Les énergies marines | 288 |
| ■ Total des technologies renouvelables | 290 |
| • Conclusion | 292 |
| Commerce international | 294 |
| ■ Total des technologies renouvelables | 296 |
| ■ L'éolien | 304 |
| ■ Le photovoltaïque | 310 |
| ■ Les biocarburants | 316 |
| ■ L'hydroélectricité | 322 |
| • Conclusion | 328 |

SOURCES & RÉFÉRENCES 330



AU MILIEU DU GUÉ

Vincent Jacques le Seigneur, président d'Observ'ER

Un chiffre, un seul, suffit à rendre compte de la métamorphose du paysage énergétique de l'Europe : au premier semestre 2024, les énergies renouvelables ont généré 50 % de son électricité. Et il suffit de jeter un coup d'œil dans le rétroviseur pour mesurer l'importance de cette transition : la production d'électricité renouvelable dans l'Europe des 27 n'était « que » de 21 % en 2010, il y a moins de quinze ans.

Ce beau résultat permet légitimement à la Commission d'introduire son désormais traditionnel « État de l'Union de l'énergie »¹, publié en septembre dernier, par cette épigraphe : « Une Union européenne plus forte, plus verte et plus sûre, capable d'amener l'Europe à la neutralité climatique et à l'indépendance énergétique et d'assurer la compétitivité et la durabilité de son économie ».

Les bilans établis dans les États membres montrent que cette déclaration n'est pas un vœu pieux mais bien une trajectoire dans laquelle ils s'inscrivent pleinement, même si, ici ou là, certains retards subsistent, comme l'ont montré les carences des plans nationaux énergie-climat (Pnec) adressés à Bruxelles et qui couvrent une période de dix ans pourtant commencée... dès 2021. Car d'autres indicateurs montrent l'incroyable chemin qui a été parcouru par les différentes sources d'énergies renouvelables, à l'instar de l'éolien, passé pour la première fois, en 2023, devant la production de gaz en Europe, devenant ainsi la deuxième source d'électricité derrière le nucléaire ; ou du photovoltaïque, qui a dépassé la production électrique issue du charbon, et a vu 56 GW d'installations supplémentaires en 2023, le précédent record étant de 40 GW l'année précédente ; et, last but not least, des 26,2 % de la consommation de chaleur et de rafraîchissement qui ont été produits à partir de sources renouvelables.

Au final, c'est presque le quart de la consommation d'énergie finale en Europe (24,6 %) qui en 2023 aura été renouvelable.

Les soubresauts de l'économie mondiale suite à la pandémie du Covid puis à la crise énergétique provoquée par l'agression russe en Ukraine auraient pu casser cette dynamique. Il n'en a rien été et l'Europe a su faire preuve de résilience : le Pacte vert (2019), les plans Fit for 55 (2021) puis REPowerEU (2022) jusqu'au Net Zero Industry Act (2024) sont autant de jalons qui marquent la continuité des politiques européennes en matière d'énergie, et cela malgré des désaccords occasionnels dans un domaine, l'énergie, qui relève, volens nolens, de la souveraineté des États membres.

Et c'est bien sur ce chemin de crête qu'il faut poursuivre l'édification de la « Communauté européenne de l'énergie » qu'appelait de ses vœux Jacques Delors. Gageons que le renouvellement des équipes dirigeantes à l'œuvre dans certains États membres ne mette pas en péril cette profonde et nécessaire métamorphose et que la « Boussole pour la compétitivité » que vient de présenter la présidente Ursula von der Leyen comme le Plan d'action pour l'énergie abordable en cours de discussion ne sapent pas les bases de la transition énergétique de l'Europe, qui est unique dans le monde et doit rester exemplaire. « S'il est aujourd'hui un projet qui est porteur d'une vision positive de la construction européenne, c'est bien celui de la transition énergétique », écrivait José Manuel Barroso, président de la Commission en 2010. Puisse-t-il être encore entendu. ■

¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_24_4581

MESSAGES CLÉS

Indicateurs énergétiques

- La part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité a atteint 45,3 % en 2023. Au sens de la directive (UE) 2018/2001, 1 230,1 TWh d'électricité renouvelable ont été produits en 2023, l'éolien étant la source la plus importante (473,6 TWh, soit 38,5 % de l'ensemble de la production d'électricité renouvelable). Viennent ensuite l'hydraulique (346,4 TWh) et le photovoltaïque (252,1 TWh). La biomasse arrive en quatrième position avec 151,2 TWh.
- 92 % de la nouvelle capacité électrique connectée en 2023 proviennent de sources renouvelables (69,3 GW sur un total de 75,1 GW). Les 8 % restants proviennent du gaz, du nucléaire, du charbon et du fioul.
- En 2023, la part des énergies renouvelables dans la consommation de chaleur et de froid était de 26,2 %. Au sens de la directive (UE) 2018/2001, 110,8 Mtep ont été produites, dont 69,9 % à partir de biocombustibles solides (77,4 Mtep), dans un contexte de faibles besoins de chauffage et de hausse des prix des combustibles issus de la biomasse. Les pompes à chaleur arrivent en deuxième position avec 19,8 Mtep.
- Les énergies renouvelables couvrent 24,6 % de la consommation finale brute d'énergie dans l'UE à 27 en 2023. Le rythme doit fortement s'accélérer pour atteindre le nouvel objectif de 42,5 % fixé par la RED III d'ici à la fin de 2030.

Indicateurs socio-économiques

- Le nombre total d'emplois directs et indirects dans les secteurs des énergies renouvelables est estimé à 1,86 million d'équivalents temps plein en 2023. Ce chiffre est supérieur de 14 % à celui de 2022. Le secteur le plus important est celui du photovoltaïque, avec 560 300 équivalents temps plein.
- L'activité économique liée aux énergies renouvelables en 2023 est estimée à 232,6 milliards d'euros (+ 13 % par rapport à 2022). En ce qui concerne les emplois, le photovoltaïque est le secteur qui a généré le chiffre d'affaires le plus élevé avec 66,3 milliards d'euros.

Indicateurs d'investissement

- En 2023, les États membres de l'UE ont investi 360 milliards de dollars dans la transition énergétique. Les pays de l'UE qui investissent le plus sont l'Allemagne, la France, l'Espagne et l'Italie, avec des investissements principalement axés sur le transport électrifié et les énergies renouvelables.
- Dans le secteur de l'énergie éolienne, les investissements dans les projets éoliens terrestres et offshore ont lentement repris dans l'UE, atteignant 39 milliards d'euros en 2023, associés à une capacité ajoutée de 18 GW.
- Au sein de l'UE, la répartition des investissements photovoltaïques varie considérablement, se concentrant soit sur des installations distribuées à petite échelle, soit sur des centrales de grande envergure. L'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas sont restés les trois principaux investisseurs dans l'énergie solaire photovoltaïque. Globalement, les coûts d'investissement dans le photovoltaïque ont augmenté entre 2021 et 2023.

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables

En regardant sur un horizon d'une à deux décennies, le coût d'investissement spécifique et le rendement énergétique du solaire photovoltaïque et de l'éolien ont suivi une tendance relativement stable : les coûts ont diminué tandis que les rendements ont progressé au fil du temps. Cependant, lors de certaines périodes, comme les années 2021 et 2022 marquées par une conjoncture macroéconomique incertaine, les coûts d'investissement ont connu une forte hausse. Il semble néanmoins qu'actuellement, la tendance à la baisse progressive des coûts sur le long terme soit en train de reprendre. Nous présentons ici les coûts d'investissement actualisés pour certaines technologies renouvelables en 2024, en nous appuyant sur la méthodologie issue de la littérature, utilisée les années précédentes. Ces coûts d'investissement ainsi que les nouvelles estimations du coût moyen pondéré du capital (CMPC) ont permis d'évaluer les coûts actualisés de l'énergie (LCoE). Voici quelques éléments clés rapportés pour 2024 :

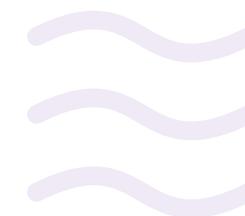
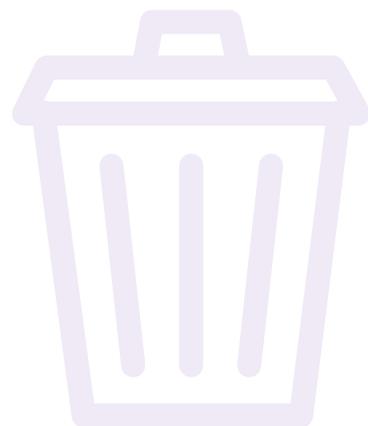
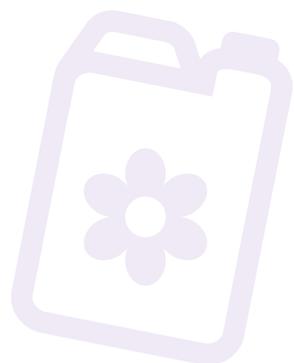
- pour la production d'électricité renouvelable, l'éolien terrestre affiche le LCoE moyen le plus bas en 2024 (65 €/MWh), devant l'hydroélectricité (72 €/MWh) et l'éolien offshore (74 €/MWh), suivis par l'électricité produite à partir de grandes centrales photovoltaïques commerciales (82 €/MWh) ;
- pour la production de chaleur, le coût moyen le plus bas observé concerne la chaleur issue de la biomasse (63 €/MWh) ;
- entre 2022 et 2023, les prix du gaz naturel et de l'électricité pour les ménages ont augmenté, avec une hausse particulièrement marquée pour le gaz. À l'inverse, pour les consommateurs non résidentiels, la tendance sur cette période est différente : les prix de l'électricité sont restés stables, tandis que ceux du gaz ont même diminué.

Consommation de combustibles fossiles évitée et réduction des émissions de GES

- En 2023, l'utilisation des énergies renouvelables a permis le remplacement 206 Mtep de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des énergies renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 117 milliards d'euros pour l'UE à 27.

Indicateurs d'innovation et de compétitivité

- 1 070 millions d'euros d'investissements publics en R&D ont été investis en 2022 dans l'UE à 27 pour les technologies renouvelables. 2 032 millions d'euros ont été engagés par des acteurs privés en 2021 (dernière année disponible).
- L'UE a déposé 1 081 brevets dans le domaine des énergies renouvelables en 2021, l'Allemagne étant le pays le plus actif (294 brevets). La Chine reste le leader mondial du nombre de brevets déposés dans le domaine des énergies renouvelables avec 16 541 brevets.
- La balance commerciale (différence entre les importations et les exportations) des secteurs des énergies renouvelables dans l'ensemble de l'UE à 27 affiche un solde négatif de 15 325 millions d'euros en 2023. Le principal partenaire reste la Chine, qui a exporté pour 20 090 millions d'euros de biens et services dans le domaine des technologies renouvelables vers l'UE à 27.



INDICATEURS ÉNERGÉTIQUES

Depuis plus de vingt ans, EurObserv'ER collecte des données sur les sources d'énergies renouvelables de l'Union européenne afin de décrire, dans des baromètres thématiques, l'état et la dynamique des filières. La première partie de cet ouvrage constitue une synthèse des baromètres diffusés en 2024 pour les filières éolienne, solaire photovoltaïque, solaire thermique, solaire thermodynamique, pompes à chaleur, énergies renouvelables dans les transports et biomasse solide. Ces documents ont permis de consolider l'ensemble des indicateurs énergétiques avec les données officielles

publiées par Eurostat pour les années 2022 et 2023. Les filières non couvertes l'an dernier par un baromètre thématique ont également fait l'objet d'une analyse et d'un suivi statistique détaillé avec les dernières données officielles publiées par Eurostat. Cela concerne le biogaz, l'hydraulique, l'énergie géothermique, les déchets urbains renouvelables et les énergies marines. Ce dossier offre donc un tour d'horizon complet de la dimension énergétique de chacune des filières renouvelables développées, aujourd'hui, à une échelle industrielle au sein de l'Union européenne.

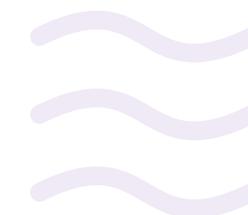


Note méthodologique

Les tableaux reprennent, pour chacune des filières, les chiffres disponibles les plus actuels. Compte tenu de la date de publication de cette édition, l'essentiel des indicateurs publiés dans cet ouvrage provient de la base de données Eurostat, mise à jour le 28 janvier 2025 (balances énergétiques complètes), et aux indicateurs de la directive énergies renouvelables (EU) 2018/2001 (dite RED II) fournis par l'outil Shares (Short Assessment of Renewable Energy Sources) d'Eurostat. Dans le chapitre dédié aux objectifs de la directive européenne RED II, les résultats des objectifs pris en compte sont ceux de la base de données Eurostat « Part de l'énergie provenant de sources renouvelables ». Ce rapprochement concerne les indicateurs de production d'énergie primaire, de consommation intérieure brute, de production d'électricité issue des centrales électriques fonctionnant seules ou en cogénération, de production brute de chaleur issue d'unités de chauffage seules ou de cogénération, de consommation d'énergie finale (industrie, transports et autres secteurs), de consommation de biocarburants dans les transports et de surface solaire thermique totale en opération. Les données relatives à la part conforme et non conforme aux exigences de la RED II de l'énergie biomasse (biomasse solide, biomasse liquide, biogaz pur ou biométhane injecté dans le réseau de gaz naturel), que ce soit pour la production d'électricité, la production de chaleur issue du secteur de la transformation et de la consommation d'énergie finale, ont été compilées par EurObserv'ER à partir des fiches des résultats détaillés par pays de l'outil Shares

d'Eurostat. Dans le cas des indicateurs de marché ne faisant pas l'objet d'un suivi par Eurostat, comme les données de marchés pour les différents types de pompes à chaleur (en nombre d'unités vendues) ou les différents types de capteurs solaires thermiques (en mètres carrés installés), la source des indicateurs utilisée reste celle d'EurObserv'ER. Concernant les filières énergies marines et solaire thermique à concentration, des indicateurs spécifiques incluant les projets pilotes et prototypes sont également présentés par EurObserv'ER afin de mieux mesurer le dynamisme et l'activité des filières. Les indicateurs énergétiques présentés ayant comme source Eurostat sont ceux définis dans la notice méthodologique du « Questionnaire annuel renouvelable » commun à Eurostat et à l'Agence internationale de l'énergie.

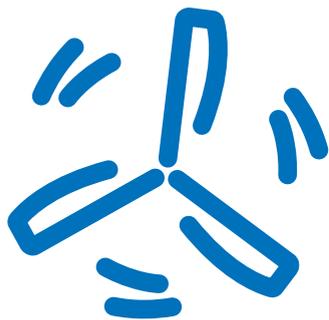
Les données de puissance électrique font ainsi référence à la notion de puissance maximale nette définie comme la puissance active maximale qui peut être fournie, en continu, de l'ensemble des installations en fonctionnement à leur point de sortie. Elles font état de la capacité maximale nette au 31 décembre de l'année et sont exprimées en MW. Eurostat travaille à l'introduction de nouveaux indicateurs de suivi de la capacité photovoltaïque. Le premier représentera la capacité électrique nette maximale exprimée en courant continu (CC) et couvrira la capacité des panneaux installés (capacité de pointe) qui produisent de l'électricité en courant continu. Le second couvrira la capacité électrique nette maximale exprimée en courant alternatif (CA) et représentera la capacité



électrique telle qu'elle sort de l'onduleur, c'est-à-dire la capacité maximale que les onduleurs peuvent fournir, qui est légèrement inférieure à la capacité en courant continu en raison de la légère perte subie par les onduleurs. Eurostat vise à produire ces deux indicateurs différents pour tous les pays européens, afin de les comparer en appliquant une base commune, ce qui n'était pas le cas auparavant, car certains pays ne communiquaient leurs chiffres qu'en courant continu, tandis que d'autres exprimaient leur capacité en courant alternatif. Au début de l'année 2025, les travaux visant à uniformiser la présentation de ces indicateurs étaient bien avancés, seule une minorité de pays ne communiquant qu'un seul des deux indicateurs de capacité électrique. Pour calculer la capacité solaire photovoltaïque qui contribue à la capacité totale de production d'électricité d'un pays, Eurostat précise dans ses métadonnées que le plus faible des deux indicateurs doit être pris en compte (logiquement la capacité en CA). Si un seul des deux indicateurs est disponible, c'est celui qui contribue à la capacité totale de production d'électricité du pays. En conséquence, cette règle modifie les séries statistiques des pays une fois qu'ils adoptent l'indicateur de capacité en courant alternatif.

Concernant l'énergie utilisée pour le chauffage et le rafraîchissement, une distinction est faite entre la production brute de chaleur (issue du secteur de la transformation) et la consommation finale

d'énergie, conformément aux définitions établies par Eurostat. La production brute de chaleur recouvre la production totale de chaleur produite par les centrales de chauffage et les centrales de cogénération (production combinée de chaleur et d'électricité). Elle englobe la chaleur consommée par les équipements auxiliaires de l'installation qui utilisent un fluide chaud (chauffage des locaux, chauffage à combustible liquide, etc.) et les pertes dans les échanges de chaleur de l'installation/du réseau, ainsi que la chaleur des processus chimiques utilisés comme forme d'énergie primaire. Dans le cas des entités autoproductrices, la chaleur consommée par l'entreprise pour ses propres procédés n'est pas comprise, seule la partie de la chaleur vendue à une tierce partie est prise en compte. La consommation finale d'énergie représente le total de l'énergie consommée par les utilisateurs finaux tels que les ménages, l'industrie et l'agriculture. Elle correspond à l'énergie livrée au consommateur final pour tous les usages énergétiques. Elle implique que l'énergie utilisée pour les processus de transformation et utilisée pour l'usage propre des industries productrices d'énergie est exclue. Concernant les données de production brute d'électricité et de chaleur, une distinction est faite entre les centrales produisant uniquement de l'électricité ou uniquement de la chaleur et les centrales de cogénération combinant la production des deux. Concernant les indicateurs pour la France, les départements d'outre-mer sont inclus.



ÉOLIEN

Les nouveaux objectifs énergies renouvelables de la directive européenne n° 2023/2413 RED III d'octobre 2023 sont de nature à redonner un coup de fouet aux ambitions éoliennes, à la fois sur le segment terrestre et sur celui en mer. Toutefois, l'Union européenne ne devrait pas connaître d'augmentation significative de sa puissance annuelle installée avant 2025. Selon Eurostat, la puissance éolienne nette installée dans l'UE, définie comme la puissance nette maximale opérationnelle pouvant être injectée sur le réseau, a au moins atteint 218,9 GW fin 2023 (dont 19 GW d'éolien en mer), soit une puissance supplémentaire nette de 15,2 GW par rapport à 2022 (dont 2,85 GW d'éolien en mer). C'est un peu inférieur à la puissance supplémentaire nette mesurée entre 2022 et 2021 (+ 15,7 GW). La puissance installée durant l'année 2023 est plus importante, estimée par EurObserv'ER à un peu plus de 16 GW, ce qui s'explique par la puissance mise hors service, estimée à 850 MW en 2023 à l'échelle de l'Union européenne (dont 551 MW en Allemagne, 110 MW en Belgique et 93 MW en France).

Il est intéressant de noter que les capacités annuelles mises hors service deviennent chaque année plus significatives. Le rythme des mises hors service va d'ailleurs fortement augmenter dans les prochaines années, un mal pour un bien, car certains de ces parcs vont bénéficier d'opérations de renouvellement (repowering) augmentant leur puissance et leur production.

POUSSÉE DE L'ÉOLIEN OFFSHORE DANS L'UE

Parmi les bonnes nouvelles de l'année 2023 demeure la concrétisation de nombreux projets éoliens offshore au large des côtes de l'Union européenne. Selon Eurostat, pas moins de 2 850 MW éoliens en mer ont été officiellement raccordés contre à peine un peu plus de 1 GW en 2022 (1 005,5 MW). 2023 a ainsi été la meilleure année jamais enregistrée pour les nouvelles installations éoliennes offshore dans l'Union européenne.

Les Pays-Bas ont de nouveau été le pays le plus actif en 2023, renforçant leur statut de deuxième puissance éolienne maritime de l'Union européenne, derrière l'Allemagne mais devant le Danemark

et la Belgique. Selon Statistics Netherlands, le pays a officiellement raccordé 1 408 MW d'éolien maritime. L'organisme précise que seule la puissance ayant été injectée en 2023 est comptabilisée dans ses statistiques. Cette puissance concerne le parc Hollandse Kust Noord 5 (759 MW, comprenant 69 turbines Siemens Gamesa de type SG 11.0-200 DD de 11 MW de puissance unitaire), qui est entré en opération le 20 décembre 2023, un parc sans subvention dont la production annuelle attendue est de 3,3 TWh. Elle concerne également les éoliennes restantes du Hollandse Kust Zuid, actuellement le plus grand parc éolien maritime au monde avec ses 139 turbines Siemens Gamesa de type SG 11.0-200 DD, soit un total de 1 529 MW. Ce parc est scindé en deux entités et quatre sites de production, Hollandse Kust Zuid 1 & 2 et Hollandse Kust Zuid 3 & 4, de même puissance. Si la dernière éolienne a été installée en juin 2023, le parc n'a été pleinement opérationnel qu'en 2024. Originellement, il devait compter 140 turbines, mais en janvier 2022, un navire marchand, le *Julietta D*, lors d'une tempête, est entré en

collision avec l'une des fondations d'une éolienne en construction et l'a endommagée de manière irréparable. La prochaine étape sera la mise en service, prévue pour fin 2026, de Hollandse Kust West 1 & 2, dont l'appel d'offres a été clôturé fin 2022.

La France a été en 2023 le deuxième pays le plus actif sur le plan des nouvelles installations en mer avec deux parcs comptabilisés, au large de Fécamp (497 MW) et au large de Saint-Brieuc (496 MW). Le parc de Fécamp dispose de 71 éoliennes Siemens Gamesa SG 7.0-154 de 7 MW. Le parc de Saint-Brieuc, dont la dernière éolienne a été installée le 17 décembre 2023, est quant à lui équipé de 62 éoliennes Siemens Gamesa SG 8.0-167 de 8 MW. La puissance nette additionnelle comptabilisée par Eurostat est un peu moins élevée, soit 985,7 MW de plus entre 2022 et 2023.

L'Allemagne a également ajouté 257 MW, soit la puissance d'Arcadis Ost 1. Ce parc, qui a été inauguré le 5 décembre 2023, est situé en mer Baltique, au nord-est de l'île de Rügen. Il est équipé de 27 turbines Vestas de type V174/9,5 MW

(diamètre de 174 mètres et puissance de 9,5 MW) avec des turbines améliorées sur le plan de la puissance. Le Danemark a également débloqué son compteur, avec le raccordement, selon

l'Agence danoise de l'énergie, de 168 MW en 2023, correspondant au parc de Vesterhav Syd qui a délivré ses premiers électrons en novembre 2023. Il est équipé de 20 éoliennes ↘



BERNARD GAËTAN - EDF



1

Puissance éolienne installée* dans l'Union européenne à fin 2022 et 2023 (en MW)

| | 2022 | Dont éolien maritime | 2023 | Dont éolien maritime |
|--------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Allemagne | 66 202,0 | 8 216,0 | 69 486,0 | 8 473,0 |
| Espagne | 30 113,8 | 0,0 | 30 868,5 | 5,0 |
| France | 20 835,2 | 500,8 | 23 131,6 | 1 486,5 |
| Suède | 14 279,0 | 193,0 | 16 224,0 | 193,0 |
| Italie | 11 820,5 | 0,0 | 12 307,3 | 31,0 |
| Pays-Bas | 8 700,1 | 2 569,5 | 10 734,1 | 3 977,5 |
| Pologne | 8 150,2 | 0,0 | 9 343,3 | 0,0 |
| Danemark | 7 083,8 | 2 305,7 | 7 277,0 | 2 469,1 |
| Finlande | 5 677,0 | 73,0 | 6 946,0 | 73,0 |
| Portugal | 5 538,1 | 25,0 | 5 538,1 | 25,0 |
| Belgique | 5 303,4 | 2 261,8 | 5 454,1 | 2 261,8 |
| Grèce | 4 702,3 | 0,0 | 5 231,7 | 0,0 |
| Irlande | 4 536,1 | 0,0 | 4 739,3 | 0,0 |
| Autriche | 3 633,1 | 0,0 | 3 896,3 | 0,0 |
| Roumanie | 3 015,2 | 0,0 | 3 026,8 | 0,0 |
| Lituanie | 946,0 | 0,0 | 1 284,0 | 0,0 |
| Croatie | 986,9 | 0,0 | 1 160,2 | 0,0 |
| Bulgarie | 704,3 | 0,0 | 704,3 | 0,0 |
| Tchéquie | 339,1 | 0,0 | 342,5 | 0,0 |
| Estonie | 316,0 | 0,0 | 340,0 | 0,0 |
| Hongrie | 324,0 | 0,0 | 324,0 | 0,0 |
| Luxembourg | 165,3 | 0,0 | 207,3 | 0,0 |
| Chypre | 157,5 | 0,0 | 157,5 | 0,0 |
| Lettonie | 82,4 | 0,0 | 128,3 | 0,0 |
| Slovaquie | 4,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 |
| Slovénie | 3,3 | 0,0 | 3,3 | 0,0 |
| Malte | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Total EU 27 | 203 618,9 | 16 144,8 | 218 859,6 | 18 994,9 |

* Puissance électrique maximale nette. Source: Eurostat

Siemens Gamesa de type 8.0-167 DD turbines (débruidées à 8,4 MW). Eurostat comptabilise, lui, une puissance nette additionnelle de 163,4 MW entre 2022 et 2023, prenant en compte la mise hors service de 2 éoliennes de 2,3 MW. Le parc de Vesterhav Nord (176 MW), équipé de 21 de ces mêmes turbines, a également été installé, mais son raccordement est prévu pour le début 2024. L'Espagne enfin disposait de deux prototypes offshore en activité en 2023, un de 5 MW (projet Elisa) mis en service en 2019 au large de l'île de Grande Canarie et un autre de 2 MW mis en service en août 2023 à 3 km au large de la côte basque espagnole (plateforme de test DemoSATH). Eurostat ne recense cependant qu'une puissance de 5 MW à partir de 2023.

Les mises en service s'enchaîneront ensuite. En Allemagne, trois parcs éoliens étaient en cours de construction à la fin 2023 : Baltic Eagle (476,3 MW) et Gode Wind 3 (241,8 MW), les deux mis en service fin 2024, tandis que Borkum Riffgrund 3 (900 MW) a installé sa dernière éolienne début 2025. La date de mise en service commerciale de ce parc a été reportée au début de l'année 2026, du fait de retard dans la connexion du réseau offshore au réseau terrestre. La décision finale d'investissement a également été prise en juillet 2023 concernant le parc EnBW He Dreiht (900 MW) pour une construction en 2024 et une mise en service en 2025. Aux Pays-Bas, s'ajouteront les parcs de Hollandse Kust (West) VI (756 MW) et Hollandse Kust (West) VII (760 MW), prévus pour 2026. En France, les 3 fermes éoliennes maritimes flottantes ont

pris un peu de retard mais sont en voie de finalisation. Le projet Provence Grand Large (25,2 MW) a produit ses premiers électrons en toute fin d'année 2024 et entrera pleinement en service en 2025. Les éoliennes du parc Golfe du Lion (30 MW) devraient, quant à elles, être installées durant l'été 2025 pour une mise en service en fin d'année 2025, de même que le parc Eolmed (30 MW). Le parc normand de Courseulles-sur-Mer (448 MW) a également subi quelques retards du fait de difficultés dans le forage des fondations éoliennes et pourrait voir sa mise en service repoussée en 2026.

GRAND BOL D'AIR POUR LE MIX ÉLECTRIQUE DE L'UNION EUROPÉENNE

Selon Eurostat, la production d'électricité éolienne de l'Union européenne, qu'elle soit terrestre ou maritime, a atteint 478,1 TWh en 2023, un niveau de production record en augmentation de 13,3 % par rapport à 2022 (+ 56,2 TWh). La production d'électricité éolienne a même dépassé pour la première fois la production électrique des centrales fonctionnant au gaz naturel, qui a nettement diminué entre 2022 et 2023 (passant de 538,3 TWh à 458,6 TWh, en baisse de 14,8 %). La production éolienne maritime est, elle, estimée en 2023 à 55,1 TWh, en croissance de 9,7 % (+ 4,9 TWh) et a donc représenté 11,5 % de la production éolienne totale. L'Union européenne a globalement bénéficié de bien meilleures conditions de vent que les deux années précédentes, ce qui explique également ces bons résultats. La progression entre 2022 et 2023 est quasi généralisée, à

l'exception du Portugal qui a vu sa production très légèrement diminuer (- 99 GWh, - 0,7 % par rapport à 2022), ainsi que de Chypre qui perd 16 GWh (- 7 % par rapport à 2022). Les plus belles progressions sont à mettre à l'actif de l'Allemagne (+ 12,6 %, + 15,7 TWh), de la France (+ 32,1 %, + 12,3 TWh), des Pays-Bas (+ 36,9 %, + 8 TWh), de la Pologne (+ 22,2 %, + 4,4 TWh), de l'Italie (+ 15,4 %, + 3,1 TWh), de la Belgique (+ 25 %, + 3,1 TWh) et de la Finlande (+ 25,1 %, + 3 TWh).

En 2023, le Danemark avait selon Eurostat le meilleur taux de couverture de sa production d'électricité grâce à l'éolien (57,5 % de la production d'électricité totale du pays), devant la Lituanie (42,4 %) et l'Irlande (37,2 %). En Allemagne, plus du quart de la production du pays est à mettre à l'actif de l'éolien (27,5 %), de même qu'au Portugal (26,8 %). Le taux de couverture est également supérieur à 20 % aux Pays-Bas (24,3 %), en Espagne (22,5 %), en Grèce (22,1 %) et en Suède (20,6 %).

NOUVELLES AMBITIONS POUR L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

L'industrie éolienne européenne va enfin pouvoir disposer d'armes pour faire face à l'appétit des acteurs industriels chinois sur le continent européen. Après les alertes répétées formulées par l'industrie éolienne, la Commission européenne s'est pleinement emparée de ce sujet. Elle a présenté le 23 octobre 2023 un plan d'action de l'UE en matière d'énergie éolienne en vue de garantir que la transition vers une énergie propre aille de pair avec la compétitivité industrielle des acteurs européens. L'objet



2

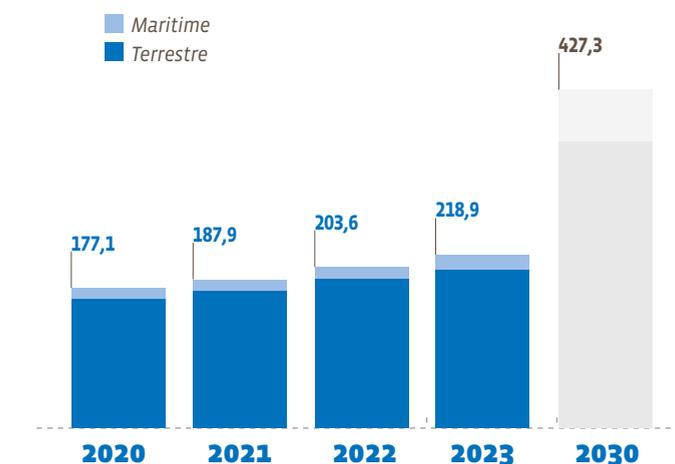
Production brute d'électricité d'origine éolienne dans l'Union européenne en 2022 et 2023 (en TWh)

| | 2022 | Dont éolien maritime | 2023 | Dont éolien maritime |
|--------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Allemagne | 124,816 | 25,124 | 140,538 | 23,887 |
| Espagne | 62,784 | 0,000 | 64,275 | 0,006 |
| France | 38,199 | 0,649 | 50,479 | 1,914 |
| Suède | 33,253 | 0,550 | 34,245 | 0,549 |
| Pays-Bas | 21,566 | 8,126 | 29,525 | 11,712 |
| Pologne | 19,780 | 0,000 | 24,176 | 0,000 |
| Italie | 20,494 | 0,000 | 23,640 | 0,054 |
| Danemark | 19,022 | 8,743 | 19,393 | 8,573 |
| Belgique | 12,353 | 6,652 | 15,444 | 8,040 |
| Finlande | 12,022 | 0,273 | 15,043 | 0,243 |
| Portugal | 13,244 | 0,078 | 13,145 | 0,079 |
| Irlande | 11,393 | 0,000 | 11,863 | 0,000 |
| Grèce | 10,883 | 0,000 | 11,022 | 0,000 |
| Autriche | 7,242 | 0,000 | 8,037 | 0,000 |
| Roumanie | 6,997 | 0,000 | 7,548 | 0,000 |
| Croatie | 2,138 | 0,000 | 2,587 | 0,000 |
| Lituanie | 1,512 | 0,000 | 2,536 | 0,000 |
| Bulgarie | 1,499 | 0,000 | 1,584 | 0,000 |
| Tchéquie | 0,641 | 0,000 | 0,702 | 0,000 |
| Estonie | 0,668 | 0,000 | 0,683 | 0,000 |
| Hongrie | 0,610 | 0,000 | 0,646 | 0,000 |
| Luxembourg | 0,312 | 0,000 | 0,495 | 0,000 |
| Lettonie | 0,190 | 0,000 | 0,271 | 0,000 |
| Chypre | 0,224 | 0,000 | 0,208 | 0,000 |
| Slovénie | 0,006 | 0,000 | 0,006 | 0,000 |
| Slovaquie | 0,004 | 0,000 | 0,004 | 0,000 |
| Malte | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Total EU 27 | 421,853 | 50,193 | 478,097 | 55,056 |

Source : Eurostat

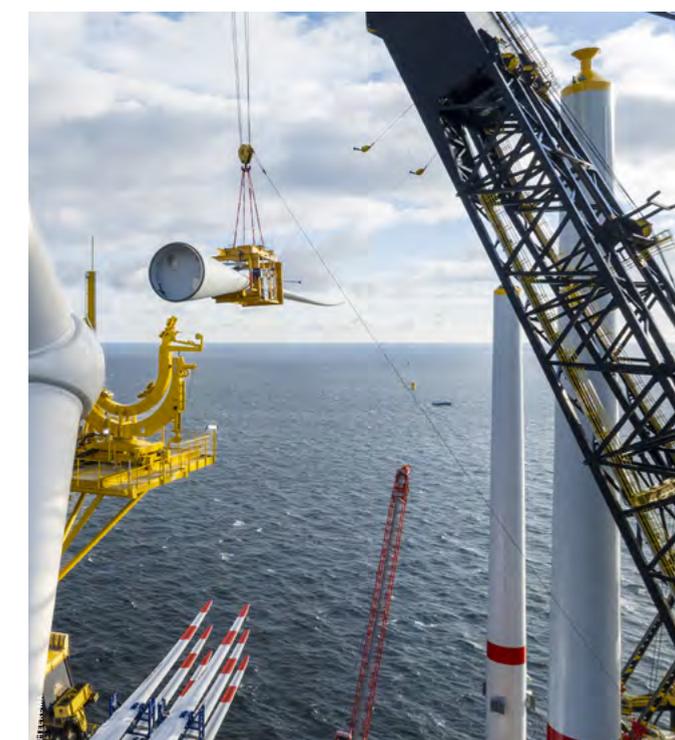
3

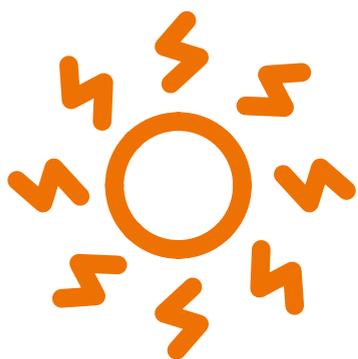
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance éolienne nette installée de l'Union européenne à 27 (en GW)



Source : EurObserv'ER

de ce plan d'action est de maintenir une chaîne d'approvisionnement en énergie éolienne saine et compétitive, adossée à un pipeline suffisant de projets sur la durée, afin d'attirer les financements nécessaires et de participer à la concurrence sur un pied d'égalité à l'échelle mondiale. Le plan d'action européen pour l'énergie éolienne a également appelé les États membres à prendre des engagements spécifiques et concrets (mais juridiquement non contraignants) concernant les volumes de déploiement de l'énergie éolienne pour au moins la période 2024-2026, fournissant un aperçu clair et crédible du déploiement de l'énergie éolienne au cours des prochaines années, formalisé fin 2024. À la suite de l'appel de la Commission, 21 États membres ont ainsi soumis leurs engagements en matière d'énergie éolienne pour un total de 55 GW de nouvelle capacité éolienne d'ici fin 2026. Ce plan est accompagné d'une communication intitulée « Réaliser les ambitions de l'UE en matière d'énergies renouvelables en mer », qui fait suite à la « Stratégie de l'Union sur les énergies renouvelables en mer » adoptée il y a trois ans, qui vise à fortement accélérer le développement de l'éolien en mer. La nouvelle ambition globale est d'installer environ 111 GW de capacité de production d'énergies renouvelables en mer d'ici fin 2030, 232 GW d'ici fin 2040 et de passer à environ 317 GW d'ici le milieu du siècle. ■





PHOTOVOLTAÏQUE

L'UNION FAIT LA FORCE : 51,1 GW RACCORDÉS DE PLUS EN 2023 DANS L'UE

L'Union européenne a établi en 2023, et pour la troisième année consécutive, un nouveau record de raccordement annuel avec une puissance maximale nette additionnelle (susceptible d'être délivrée au réseau) de 51,1 GW, ce qui correspond à une croissance annuelle de 26,5 % entre 2022 et 2023. Cette puissance supplémentaire porte la puissance maximale nette cumulée des 27 États

membres à 243,8 GW fin 2023. Cette puissance est davantage représentative de la puissance photovoltaïque en courant alternatif avec quelques exceptions (voir note méthodologique).

Ce niveau d'installation record a évidemment été amplifié par les chocs géopolitiques et énergétiques de l'année 2022 liés à l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Une guerre sur le continent européen qui a entraîné une très forte augmentation du prix du gaz et de l'électricité et a posé de

graves problèmes énergétiques en mettant en pleine lumière la dépendance de l'UE aux hydrocarbures russes. Cet événement a profondément changé le regard sur l'énergie solaire photovoltaïque au sein des pays de l'Union européenne, désormais pleinement reconnue par les politiques (et surtout les acteurs économiques) comme un moyen extrêmement rapide et économique de réduire la dépendance aux combustibles fossiles russes et de disposer d'une électricité à prix abordable. Nécessité faisant



Note méthodologique

Eurostat travaille à la mise en place de nouveaux indicateurs de suivi de la puissance photovoltaïque. Le premier représente la puissance maximale nette exprimée en courant continu et le second porte sur la puissance maximale nette exprimée en courant alternatif. Le premier représente la puissance des panneaux installés (puissance crête) qui génèrent de l'électricité en courant continu. Le second représente la puissance électrique en sortie de l'onduleur, c'est-à-dire la puissance maximale que les onduleurs peuvent fournir. La puissance électrique en sortie de l'onduleur est un peu plus faible que la puissance en courant continu du fait d'une légère perte de puissance due à l'onduleur. L'objectif d'Eurostat est de produire ces deux indicateurs distincts pour l'ensemble des pays européens afin de comparer les pays sur une base commune, ce qui n'était pas le cas auparavant, certains pays ne publiant que la puissance en courant continu et d'autres que la puissance en courant alternatif. Début février 2025, le travail d'uniformisation a bien avancé et seule une minorité des pays de l'Union européenne n'avaient communiqué qu'un seul indicateur sur les deux.

Pour calculer la capacité solaire photovoltaïque qui contribue à la capacité électrique totale du pays (tableau 1), Eurostat précise dans ses métadonnées que le plus petit des deux indicateurs doit être pris en compte (soit logiquement la puissance en courant alternatif). Si un seul des deux indicateurs est disponible, c'est celui-là qui contribue à la capacité électrique totale du pays. Cette règle a pour conséquence de modifier les séries statistiques des pays dès lors qu'est mis en place l'indicateur de puissance en courant alternatif. Pour l'année 2023, seuls trois pays, la Finlande, l'Autriche et la Pologne, n'avaient pas encore publié d'indicateurs de puissance en courant alternatif. Par défaut, c'est donc la puissance photovoltaïque en courant continu qui contribue à leur capacité électrique. La France, quant à elle, est un cas particulier car elle a publié son indicateur de puissance photovoltaïque en courant alternatif seulement à partir de l'année 2023 ; pour les années précédentes, seule la puissance photovoltaïque en courant continu était disponible. La conséquence visible de ce basculement pour ce pays est une puissance maximale nette photovoltaïque de 2023 inférieure à celle de 2022 selon la base de données Eurostat (soit 17 341,3 MW en 2022 et 17 025,7 MW en 2023). Afin de garder une base de comparaison commune, EurObserv'ER a, dans le tableau 1, estimé la puissance photovoltaïque en courant alternatif de l'année 2022 de la France en appliquant le même rapport entre la puissance en courant alternatif et la puissance en courant continu que celui de l'année 2023. Pour information, la puissance maximale nette officiellement reconnue pour la France et l'Union européenne pour l'année 2022 telle que mentionnée dans la base de données Eurostat (dans sa mise à jour du 30 janvier 2025) est de 17 241,3 MW pour la France et 195 221,2 MW pour l'Union européenne, en attendant la prochaine mise à jour.



1

Puissance solaire photovoltaïque* installée dans l'Union européenne à fin 2022 et 2023 (en MW)

| | 2022 | 2023 |
|--------------------|------------------|------------------|
| Allemagne | 61 188,0 | 74 882,0 |
| Espagne | 23 897,3 | 29 579,6 |
| Italie | 24 555,2 | 29 351,4 |
| Pays-Bas | 17 356,5 | 21 274,6 |
| France | 14 810,8 | 17 025,7 |
| Pologne | 12 170,4 | 16 427,5 |
| Belgique | 6 781,2 | 8 351,9 |
| Grèce | 5 430,1 | 6 688,7 |
| Autriche | 3 791,7 | 6 394,8 |
| Hongrie | 4 235,0 | 5 910,0 |
| Suède | 2 388,0 | 3 993,0 |
| Portugal | 2 646,3 | 3 868,8 |
| Danemark | 3 069,9 | 3 529,0 |
| Tchéquie | 2 403,8 | 3 251,0 |
| Roumanie | 1 808,9 | 2 988,0 |
| Bulgarie | 1 736,5 | 2 908,1 |
| Lituanie | 567,5 | 1 153,0 |
| Slovénie | 626,2 | 1 031,2 |
| Finlande | 664,0 | 1 009,0 |
| Estonie | 520,0 | 813,0 |
| Irlande | 209,3 | 752,9 |
| Slovaquie | 549,0 | 594,0 |
| Chypre | 424,1 | 580,7 |
| Croatie | 222,0 | 462,5 |
| Luxembourg | 316,6 | 403,7 |
| Lettonie | 113,0 | 319,0 |
| Malte | 209,5 | 225,7 |
| Total EU 27 | 192 690,7 | 243 769,0 |

* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat (excepté France et Total EU 27 pour l'année 2022, voir la note méthodologique)

loi, l'Union européenne s'est engagée dans la mise en œuvre de son plan REPowerEU, lancé en mai 2022, dont l'objet est de faire cesser la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes, en diversifiant ses approvisionnements et en accélérant le développement des énergies renouvelables. Le volet solaire photovoltaïque de ce plan vise à doubler la capacité solaire d'ici 2025, soit 320 GWAC (équivalent à 400 GWDC) et à installer 600 GWAC de capacités de production d'ici à 2030.

L'Allemagne, un des pays les plus exposés aux importations de gaz russe, a frappé un grand coup en raccordant durant l'année 2023 pas moins de 13,7 GW, soit plus du quart (26,8 %) de la puissance nouvellement raccordée dans l'Union européenne. L'Espagne, deuxième marché le plus actif, a ajouté 5,7 GW, suivie par l'Italie (4,8 GW), la Pologne (4,3 GW) et les Pays-Bas (3,9 GW). Dans neuf autres pays de l'Union européenne, la puissance nouvellement raccordée a dépassé le gigawatt, soit l'Autriche (2,6 GW), la France (2,2 GW), la Hongrie (1,7 GW), la Suède (1,6 GW), la Belgique (1,6 GW), la Roumanie (1,2 GW), la Bulgarie (1,2 GW), le Portugal (1,2 GW) et la Grèce (1 GW). La force actuelle du marché photovoltaïque de l'Union européenne est qu'il est désormais porté par la quasi-totalité des États membres. Sur le plan de la puissance cumulée, l'Allemagne reste indétrônable avec 74,9 GW fin 2023, l'Espagne devenant le nouveau dauphin avec 29,6 GW, devançant de peu l'Italie (29,4 GW). Un classement en fonction de la puissance installée par habitant est plus représentatif du niveau de « solarisation » de chaque État membre. Il consacre

2

Production brute d'électricité d'origine photovoltaïque dans l'Union européenne en 2022 et 2023* (en TWh)

| | 2022 | 2023 |
|--------------------|----------------|----------------|
| Allemagne | 61,022 | 63,576 |
| Espagne | 31,187 | 43,421 |
| Italie | 28,121 | 30,711 |
| France | 19,628 | 21,823 |
| Pays-Bas | 16,657 | 19,578 |
| Pologne | 8,310 | 11,107 |
| Grèce | 7,140 | 8,894 |
| Belgique | 6,879 | 7,820 |
| Hongrie | 4,732 | 6,925 |
| Autriche | 3,783 | 6,395 |
| Portugal | 3,519 | 5,160 |
| Bulgarie | 2,094 | 3,521 |
| Danemark | 2,203 | 3,363 |
| Suède | 1,980 | 3,114 |
| Tchéquie | 2,626 | 2,892 |
| Roumanie | 1,988 | 2,227 |
| Slovénie | 0,646 | 0,984 |
| Chypre | 0,602 | 0,831 |
| Estonie | 0,596 | 0,721 |
| Finlande | 0,392 | 0,716 |
| Lituanie | 0,342 | 0,688 |
| Irlande | 0,149 | 0,646 |
| Slovaquie | 0,650 | 0,605 |
| Croatie | 0,152 | 0,413 |
| Malte | 0,289 | 0,309 |
| Luxembourg | 0,276 | 0,294 |
| Lettonie | 0,075 | 0,239 |
| Total EU 27 | 206,037 | 246,974 |

Source : Eurostat

cette fois les Pays-Bas (1 194,4 W/hab.), l'Allemagne (887,7 W/hab.) et la Belgique (711,2 W/hab.).

247 TWh PRODUITS DANS L'UNION EUROPÉENNE

En Europe, l'année 2023 a été moins exceptionnelle et plus contrastée que 2022 en termes d'ensoleillement. Selon le dernier rapport sur l'état du climat européen de l'année 2023 (« European States of the Climate 2023 » – « Esotc 2023 ») du Copernicus Climate Change Service, pour l'année dans son ensemble, le potentiel de production d'énergie solaire photovoltaïque a été inférieur à la moyenne dans le nord-ouest et l'Europe centrale et au-dessus de la moyenne dans le sud-ouest et le sud de l'Europe et la Fennoscandie (Finlande, Suède, Norvège). L'impact de ces variations climatiques sur la production d'électricité est à mettre en relation avec la formidable dynamique d'installation de ces pays de l'Union européenne ces deux dernières années.

Selon Eurostat, la production d'électricité solaire photovoltaïque a augmenté de 19,9 % entre 2022 et 2023 pour atteindre 247 TWh, soit 40,9 TWh de plus qu'en 2022. C'est moins bien que l'augmentation entre 2021 et 2022, qui s'élevait à 29,5 %, soit 47 TWh de plus. Cette moindre performance s'explique par la modeste augmentation de la production d'électricité solaire allemande, qui ne croît que de 4,2 % (+ 2,6 TWh) entre 2022 et 2023, pour un total de 63,6 TWh. L'AGEE-Stat, le groupe de travail en charge des statistiques énergies renouvelables pour le compte du ministère fédéral de l'Économie et de la Protection



du climat, explique le décalage entre la forte augmentation de la puissance installée et la relativement faible augmentation de la production d'électricité solaire par trois raisons principales. La première est que l'irradiation solaire a été beaucoup plus faible en 2023 qu'en 2022; la deuxième est qu'un nombre considérable de

centrales sont déjà enregistrées comme installées, mais ne disposent pas encore de l'accès au réseau, les opérateurs de réseau manquant de moyens humains pour les certifier et les raccorder. Une troisième raison avancée est la forte augmentation de l'autoconsommation dans le pays, qui concerne en Allemagne à la fois

les petites mais aussi les grandes installations. L'autoconsommation est plus difficile à estimer quantitativement car cette électricité n'est pas injectée dans le réseau. L'augmentation de l'autoconsommation est une tendance générale au sein des pays de l'Union européenne qui s'explique par la forte hausse du prix de l'électricité et



SINCF

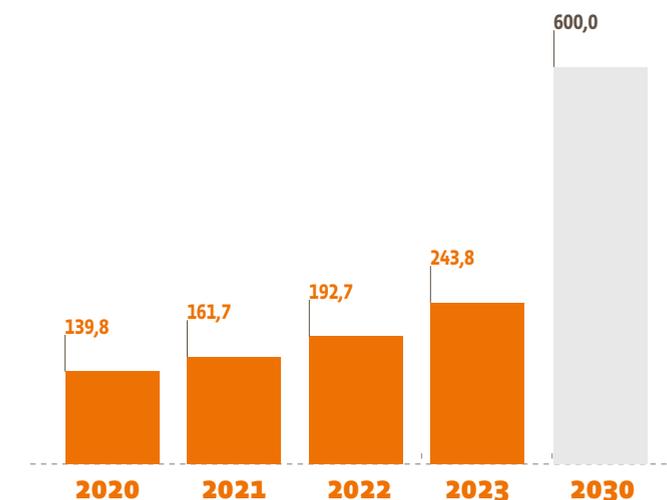
le taux d'équipement de plus en plus important de systèmes de stockage par batterie. Ceci étant, la très grande majorité des pays ont affiché des augmentations de production d'électricité solaire photovoltaïque à deux chiffres. L'Espagne a vu sa production augmenter de 39,2 % (+ 12,2 TWh) pour atteindre 43,4 TWh en 2023, + 17,5 % aux Pays-Bas (+ 2,9 TWh) pour atteindre 19,6 TWh, + 33,7 % en Pologne (+ 2,8 TWh) pour atteindre 11,1 TWh, + 11,2 % en France (+ 2,2 TWh) pour atteindre 21,8 TWh et + 46,6 % au Portugal (+ 1,6 TWh) pour atteindre 5,2 TWh.

DOUBLEMENT DES OBJECTIFS POUR 2030

La publication au *Journal officiel de l'Union européenne* de la directive énergies renouvelables (dite RED III) n° 2023/2413 du 18 octobre 2023 a ouvert le champ des possibles pour la filière photovoltaïque. Elle stipule que « les États membres veillent collectivement à ce que la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'Union en 2030 soit d'au moins 42,5 % » et que « les États membres s'efforcent collectivement de porter à 45 % la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'Union en 2030 ». Ce nouvel objectif, avec une échéance extrêmement proche, va conduire les États membres à fortement réévaluer la contribution de l'énergie solaire photovoltaïque pour les sept prochaines années dans le cadre de la mise à jour de leur plan national énergie climat intégré (PNEC). Le processus de mise à jour des PNEC a considérablement relevé les ambitions

3

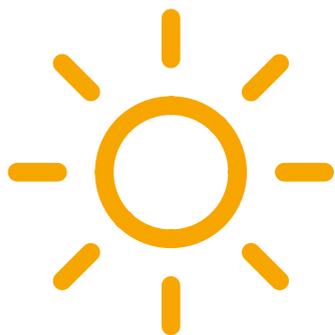
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance photovoltaïque nette installée de l'Union européenne (en GW)



Source : EurObserv'ER

solaires photovoltaïques des États membres, qui ont soumis à la Commission européenne un nouveau projet. En Espagne, par exemple, le plan national énergie climat actualisé hausse l'objectif photovoltaïque par rapport au précédent PNEC de 39 GW à 76 GW de capacité totale installée d'ici 2030, soit presque le double de l'objectif précédent. En Allemagne, le nouveau PNEC de 2023 prévoit de déployer 22 GW par an en moyenne, soit une puissance cumulée de 215 GW en 2030 et de 400 GW en 2040. La France augmente ses objectifs photovoltaïques entre 54 et 60 GW en 2030 contre entre 35,1 et 44 GW d'ici 2028 dans son dernier PNEC, et entre 75 et 100 GW d'ici 2035. Autre grand pays du solaire, l'Italie augmente son objectif photovoltaïque de 51 à 79 GW pour 2030. Au Portugal, la contribution photovoltaïque passe de 9 à 20,4 GW.

La Pologne, qui a remis son projet de PNEC modifié le 5 mars 2024, indique dans ses projections une nouvelle contribution du solaire de 29,3 GW pour 2030 contre 7,3 GW prévus initialement. Selon EurObserv'ER, qui a repris les nouveaux objectifs photovoltaïques 2030 détaillés dans les projets de PNEC soumis à la Commission en 2023 et début 2024 (pour la Pologne et la Bulgarie), l'objectif global à l'échelle de l'UE a augmenté à 625,2 GW pour 2030 (en prenant les hypothèses hautes pour la France et la Tchéquie), comparé à un objectif global de 316 GW des anciens PNEC soumis en 2019. Les nouvelles ambitions européennes pour le solaire marquent ainsi un quasi-doublement de l'objectif global. ■



SOLAIRE THERMIQUE

Alors que le marché solaire thermique de l'Union européenne semblait mieux se porter depuis deux ans, il a en 2023 marqué le pas avec une baisse assez nette de la superficie de capteurs installés, de l'ordre de 21,1 % par rapport à 2022, soit un peu moins d'1,9 million de m² (tableaux 1 et 2). La baisse a été particulièrement sensible sur le marché allemand qui, coup de tonnerre, perd son statut de premier marché européen du solaire thermique au profit de la Grèce. Mis à part le marché grec et

le marché français, qui reste soutenu par sa composante outre-mer (Guyane, Martinique, Réunion, Guadeloupe, Mayotte), la plupart des marchés européens clés du solaire thermique ont enregistré une baisse de leur surface de capteurs installés, y compris ceux qui étaient repartis à la hausse en 2022 (Allemagne, Italie, Pologne, Pays-Bas). Plus préoccupant, certains marchés autrefois prospères ne parviennent toujours pas à enrayer la baisse de leurs ventes (Espagne, Portugal et Autriche).

UN CLIMAT D'INCERTITUDE DÉFAVORABLE AU SOLAIRE THERMIQUE

La baisse du marché européen est essentiellement le reflet d'une diminution des ventes dans le secteur résidentiel et touche davantage les systèmes solaires thermiques à circulation forcée, qu'ils soient dédiés à la production d'eau chaude ou de chauffage (systèmes solaires combinés). Elle touche moins les systèmes de type thermosiphons, particulièrement bien adaptés aux climats méditerranéen et tropical (dans les départements d'outre-mer français par exemple). L'évolution du marché des grandes installations (plus de 1 000 m²), que ce soit dans les immeubles d'habitation, le segment des réseaux de chaleur solaire ou celui de la chaleur industrielle, reste encore très dépendant de programmes d'incitation mis en place dans chaque État membre. La mise en service de ces installations, pouvant disposer de champs de capteurs de plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers de m², peut avoir un effet booster sur les statistiques nationales.

Point méthodologique

Les données de marché présentées dans les tableaux 1 et 2 prennent en compte les systèmes solaires utilisant les capteurs plans vitrés et les capteurs à tubes sous vide, technologies destinées à la production d'eau chaude sanitaire ou au chauffage dans le résidentiel ainsi qu'à la production de chaleur et d'eau chaude pour les réseaux de chaleur ou les process industriels. Les données intègrent également les capteurs non vitrés, davantage utilisés pour le chauffage des piscines, même si cette technologie est plus rarement suivie par les organismes statistiques. Les systèmes solaires utilisant des miroirs à concentration (de type Fresnel, parabolique ou cylindro-parabolique) utilisés pour la production d'eau chaude ou de vapeur, de même que les capteurs hybrides de type PV-T sur vecteur eau ou sur vecteur air ainsi que les capteurs solaires à air ne sont pas pris en compte dans les statistiques présentées dans les tableaux 1 et 2 dans la catégorie capteurs vitrés.

La baisse en 2023 du marché solaire thermique de l'Union européenne est multifactorielle. Elle est à la fois liée à des spécificités propres à chaque pays concernant l'évolution de la réglementation, le niveau des aides, et à un contexte économique européen plus difficile. Le retour de l'inflation, la hausse du prix des énergies et l'augmentation des taux d'intérêt ont créé un climat d'incertitude défavorable aux investissements dans le solaire

thermique. Le marché du solaire thermique pâtit notamment d'un secteur de la construction de bâtiments neufs en crise dans nombre de pays européens, un segment de marché habituellement porteur pour le solaire thermique. Certains marchés clés de l'Union européenne ont également pu être impactés par un climat d'incertitude lié à de nouvelles élections législatives et aux changements de politiques associés, comme en Italie en 2022

et aux Pays-Bas avec les élections anticipées de 2023, ou même par des tensions dans les coalitions gouvernementales en place (Allemagne), avec des conséquences sur la mise en œuvre des politiques touchant l'efficacité énergétique et la promotion des systèmes de chauffage renouvelable. La baisse du marché allemand (-47 % par rapport à 2022) est directement à mettre en lien avec le climat d'incertitude politique sur les obligations législatives concernant le renouvellement des appareils de chauffage initialement portées par la loi sur le chauffage et la promotion des systèmes de chauffage aux énergies renouvelables. Le marché solaire thermique italien (-28,7 % par rapport à 2022) a également souffert de la fin du « superbonus » et des mécanismes de transfert de crédits. Le marché polonais (-37,7 % par rapport à 2022) a lui été affecté par la fin de programmes d'aides spécifiques au solaire thermique (programmes communaux cofinancés par l'Union européenne). Plus positif, le marché grec, reposant essentiellement sur les systèmes thermosiphons, est resté très solide avec une





1

Surfaces annuelles installées en 2022 par type de capteurs (en m²) et puissances correspondantes (en MWth)

| | Capteurs vitrés | | Capteurs non vitrés | Total (m ²) | Puissance équivalente (MWth) |
|-----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------|
| | Capteurs plans vitrés | Capteurs sous vide | | | |
| Allemagne | 524 000 | 185 000 | | 709 000 | 496,3 |
| Grèce | 419 000 | | | 419 000 | 293,3 |
| Italie | 339 750 | | | 339 750 | 237,8 |
| Pologne | 208 500 | 1 500 | | 210 000 | 147,0 |
| France** | 163 300 | | | 163 300 | 114,3 |
| Espagne | 125 587 | 8 665 | 2 000 | 136 252 | 95,4 |
| Chypre | 73 924 | | | 73 924 | 51,7 |
| Portugal | 66 100 | | | 66 100 | 46,3 |
| Autriche | 56 830 | 660 | 1 480 | 58 970 | 41,3 |
| Bulgarie | 45 863 | | | 45 863 | 32,1 |
| Pays-Bas | 24 516 | 14 960 | 2 621 | 42 097 | 29,5 |
| Tchéquie | 23 167 | 2 336 | | 25 503 | 17,9 |
| Belgique | 15 000 | 3 500 | | 18 500 | 13,0 |
| Roumanie* | 16 932 | | | 16 932 | 11,9 |
| Slovaquie | 16 000 | | | 16 000 | 11,2 |
| Hongrie* | 14 000 | | | 14 000 | 9,8 |
| Croatie* | 13 558 | | | 13 558 | 9,5 |
| Finlande+ | 8 000 | | | 8 000 | 5,6 |
| Luxembourg | 3 574 | | | 3 574 | 2,5 |
| Danemark | 2 664 | | | 2 664 | 1,9 |
| Suède* | 2 014 | | | 2 014 | 1,4 |
| Lituanie* | 1 751 | | | 1 751 | 1,2 |
| Lettonie* | 1 700 | | | 1 700 | 1,2 |
| Slovénie* | 1 479 | | | 1 479 | 1,0 |
| Estonie* | 1 425 | | | 1 425 | 1,0 |
| Malte+ | 1 051 | 263 | | 1 314 | 0,9 |
| Irlande | 1 116 | | | 1 116 | 0,8 |
| Total EU | 2 170 801 | 216 884 | 6 101 | 2 393 786 | 1 675,7 |

+ Estimation EurObserv'ER basée sur la tendance du marché de ces dernières années. * Estimation provenant de Solar Heat Europe, « Decarbonising heat with solar thermal market – Market outlook 2022-2023 ». ** Incluant 96 500 m² dans les départements d'outre-mer. Note: Les systèmes PV-T hybrides, les systèmes solaires à concentration (Fresnel, parabolique, cylindro-parabolique) et systèmes utilisant des capteurs à air ne sont pas inclus. Concernant les capteurs vitrés, la répartition entre les capteurs plans vitrés et les capteurs à tubes sous vide n'est pas toujours disponible. Source: EurObserv'ER 2025

2

Surfaces annuelles installées en 2023 par type de capteurs (en m²) et puissances correspondantes (en MWth)

| | Capteurs vitrés | | Capteurs non vitrés | Total (m ²) | Puissance équivalente (MWth) |
|-----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------|
| | Capteurs plans vitrés | Capteurs sous vide | | | |
| Grèce | 461 000 | | | 461 000 | 322,7 |
| Allemagne | 268 000 | 108 000 | | 376 000 | 263,2 |
| Italie | 242 242 | | | 242 242 | 169,6 |
| France** | 205 724 | | | 205 724 | 144,0 |
| Pologne | 130 800 | | | 130 800 | 91,6 |
| Espagne | 99 487 | 6 536 | 1 840 | 107 863 | 75,5 |
| Chypre | 66 740 | | | 66 740 | 46,7 |
| Portugal | 51 410 | 1 590 | | 53 000 | 37,1 |
| Autriche | 43 891 | 1 319 | 1 038 | 46 248 | 32,4 |
| Hongrie+ | 42 000 | | | 42 000 | 29,4 |
| Pays-Bas | 19 870 | 12 360 | 2 621 | 34 851 | 24,4 |
| Bulgarie+ | 19 556 | | | 19 556 | 13,7 |
| Tchéquie | 15 333 | 3 473 | | 18 806 | 13,2 |
| Roumanie+ | 13 500 | | | 13 500 | 9,5 |
| Danemark | 13 000 | | | 13 000 | 9,1 |
| Slovaquie+ | 12 800 | | | 12 800 | 9,0 |
| Croatie* | 12 473 | | | 12 473 | 8,7 |
| Belgique | 9 300 | 2 500 | | 11 800 | 8,3 |
| Finlande+ | 6 400 | | | 6 400 | 4,5 |
| Suède* | 4 600 | | | 4 600 | 3,2 |
| Luxembourg | 2 755 | | | 2 755 | 1,9 |
| Lituanie+ | 1 400 | | | 1 400 | 1,0 |
| Lettonie+ | 1 400 | | | 1 400 | 1,0 |
| Slovénie* | 1 269 | | | 1 269 | 0,9 |
| Irlande+ | 1 116 | | | 1 116 | 0,8 |
| Estonie+ | 1 100 | | | 1 100 | 0,8 |
| Malte+ | 1 000 | | | 1 000 | 0,7 |
| Total EU | 1 748 166 | 135 778 | 5 499 | 1 889 443 | 1 322,6 |

+ Estimation EurObserv'ER basée sur la tendance du marché de ces dernières années. * Estimation provenant de Solar Heat Europe, « Decarbonising heat with solar thermal market – Market outlook 2022-2023 ». ** Incluant 90 740 m² dans les départements d'outre-mer. Note: Les systèmes PV-T hybrides, les systèmes solaires à concentration (Fresnel, parabolique, cylindro-parabolique) et systèmes utilisant des capteurs à air ne sont pas inclus. Concernant les capteurs vitrés, la répartition entre les capteurs plans vitrés et les capteurs à tubes sous vide n'est pas toujours disponibles. Source: EurObserv'ER 2025



Parc cumulé* de capteurs solaires thermiques installés dans l'Union européenne en 2022 et en 2023**
(en m² et en MWth)

| | 2022 | | 2023 | |
|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | m ² | MWth | m ² | MWth |
| Allemagne | 22 415 000 | 15 690,5 | 22 395 000 | 15 676,5 |
| Grèce | 5 442 000 | 3 809,4 | 5 742 000 | 4 019,4 |
| Italie | 4 953 763 | 3 467,6 | 5 135 714 | 3 595,0 |
| Autriche | 4 616 474 | 3 231,5 | 4 616 474 | 3 231,5 |
| Espagne | 4 449 343 | 3 114,5 | 4 525 423 | 3 167,8 |
| France | 4 101 490 | 2 871,0 | 4 282 452 | 2 997,7 |
| Pologne | 3 405 690 | 2 384,0 | 3 067 862 | 2 147,5 |
| Danemark | 2 059 096 | 1 441,4 | 2 072 096 | 1 450,5 |
| Portugal | 1 545 055 | 1 081,5 | 1 598 055 | 1 118,6 |
| Chypre | 1 139 643 | 797,8 | 1 156 360 | 809,5 |
| Belgique | 756 400 | 529,5 | 760 100 | 532,1 |
| Pays-Bas | 662 000 | 463,4 | 668 000 | 467,6 |
| Tchéquie | 611 000 | 427,7 | 630 000 | 441,0 |
| Bulgarie | 515 697 | 361,0 | 535 253 | 374,7 |
| Hongrie | 418 000 | 292,6 | 460 000 | 322,0 |
| Suède | 435 000 | 304,5 | 377 000 | 263,9 |
| Irlande | 345 907 | 242,1 | 347 023 | 242,9 |
| Croatie | 312 600 | 218,8 | 322 000 | 225,4 |
| Slovaquie | 265 000 | 185,5 | 279 000 | 195,3 |
| Roumanie | 249 109 | 174,4 | 249 109 | 174,4 |
| Slovénie | 212 854 | 149,0 | 204 168 | 142,9 |
| Finlande | 88 000 | 61,6 | 88 000 | 61,6 |
| Luxembourg | 73 095 | 51,2 | 73 126 | 51,2 |
| Malte | 46 485 | 32,5 | 41 817 | 29,3 |
| Lettonie | 21 672 | 15,2 | 21 672 | 15,2 |
| Total EU 27 | 59 140 373 | 41 398,3 | 59 647 704 | 41 753,4 |

* Toutes technologies y compris le non-vitré. Note: Aucune estimation officielle disponible pour l'Estonie et la Lituanie.
Source: Eurostat

augmentation annuelle de 10 % de la surface de capteurs installés (soit 461 000 m² installés en 2023). Le marché français, soutenu par sa composante outre-mer (qui a en 2023 représentait 90 740 m² installés en Guyane, Martinique, Réunion, Guadeloupe, Mayotte), s'est nettement redressé en 2023 (+ 26 %, soit 205 624 m²). En métropole, il a bénéficié du système d'incitation MaPrimRénov' et Coup de pouce chauffage, axé sur les plus faibles revenus, et a davantage profité aux systèmes solaires combinés et aux systèmes autostockeurs bon marché adaptés au climat du sud du pays. Le marché français a également profité de la mise en service, en mars 2023, de la centrale solaire thermique Lactosol de Verdun (15 000 m² de surface de capteurs), alimentant une usine du groupe laitier Lactalis. Cette centrale, qui a bénéficié de subventions dans le cadre du Fonds chaleur de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), est la plus grande installation d'Europe de chaleur solaire industrielle utilisant des capteurs plans vitrés.

DÉJÀ 246 RÉSEAUX DE CHALEUR SOLAIRE EN FONCTIONNEMENT DANS L'UE

Le Danemark a longtemps été le leader dans la solarisation de ses réseaux de chaleur (SDH pour solar district heating) avec, fin 2023, selon les données du dernier rapport « Solar heat worldwide » édition 2024, pas moins de 124 réseaux de chaleur répartis dans le pays, représentant une surface de capteurs de 1 608 591 m² (équivalant à 1 126 MWth). Le soufflé est un peu retombé depuis quelques années, avec un seul réseau de

chaleur solaire connecté dans le pays en 2023, celui de Brødstrup (2 000 m²). Selon la base de données du bureau d'études danois Plan-Energi, deux autres projets sont en cours de finalisation, ceux de Bjerringbro (8 000 m²) et d'Aeroskobing (1 910 m²). Désormais, c'est l'Allemagne qui assure le leadership européen en matière de SDH. Selon l'institut allemand de recherche Steinbeis Solites, le pays dénombrait en janvier 2024 déjà 55 centrales solaires de chauffage urbain d'une puissance totale de 112 MW (équivalent à 160 317 m²), six nouveaux systèmes solaires thermiques pour réseau de chaleur, de tailles modestes, ayant été mis en service en 2023 pour une surface de capteurs cumulée de 13 955 m². Neuf autres systèmes d'une puissance cumulée de 79 MW sont en phase de réalisation (équivalant à une superficie de capteurs solaires thermiques de 112 424 m²). Parmi les projets mis en service en 2024, on peut citer celui de Sondershausen, qui sera équipé de 6 086 m² de capteurs plans sous vide de marque TVP Solar. La construction du réseau de chaleur de Leipzig (65 000 m², de marque Ritter XL), qui

sera le plus important d'Allemagne, a lui commencé en mars 2024 et devrait être opérationnel pour le début de l'année 2026. Selon le communiqué de presse publié par Ritter XL en avril 2023, le solaire couvrira environ 20 % des besoins quotidiens en chaleur de Leipzig en été. La chaleur solaire couvrira 2 % du total des besoins annuels en chaleur du réseau. Ailleurs en Europe, un autre grand projet de SDH est en voie d'achèvement. Il s'agit du réseau de chaleur de Groningue, aux Pays-Bas, qui dispose d'une surface de capteurs de 48 000 m² (capacité de 33,6 MWth), dont la construction a débuté fin 2022. La centrale produira 25 GWh de chaleur solaire, atteignant 25 % de la part solaire dans la consommation totale d'énergie de la ville, tout en réduisant les émissions de 6 000 tCO₂/an. La centrale a bénéficié du programme d'incitation néerlandais SDE+.

LE SPECTRE D'UNE BAISSÉ DE LA SURFACE SOLAIRE THERMIQUE EN OPÉRATION

Selon Eurostat, la superficie totale du parc solaire thermique de l'Union européenne s'est





4

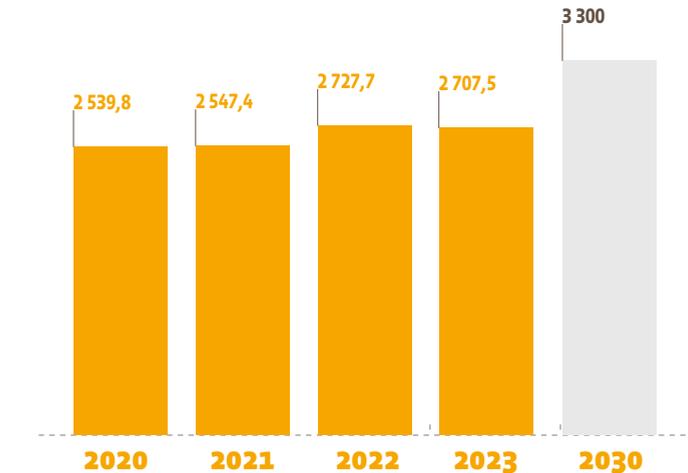
Consommation de chaleur solaire thermique* dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | 2023 | | |
|--------------------|----------------|------------------------------------|------------------------|----------------|------------------------------------|------------------------|
| | Total | Dont consommation d'énergie finale | Dont chaleur dérivée** | Total | Dont consommation d'énergie finale | Dont chaleur dérivée** |
| Allemagne | 837,0 | 834,9 | 2,1 | 784,7 | 781,7 | 3,0 |
| Espagne | 344,1 | 344,1 | 0,0 | 349,7 | 349,7 | 0,0 |
| Grèce | 319,6 | 319,6 | 0,0 | 337,2 | 337,2 | 0,0 |
| Italie | 263,2 | 263,0 | 0,2 | 277,3 | 277,0 | 0,3 |
| France | 235,6 | 235,6 | 0,0 | 244,2 | 244,2 | 0,0 |
| Autriche | 178,0 | 175,1 | 2,9 | 171,3 | 168,2 | 3,1 |
| Portugal | 110,5 | 110,5 | 0,0 | 114,9 | 114,9 | 0,0 |
| Pologne | 90,8 | 90,8 | 0,0 | 81,8 | 81,8 | 0,0 |
| Chypre | 76,9 | 76,9 | 0,0 | 78,0 | 78,0 | 0,0 |
| Danemark | 81,9 | 15,3 | 66,6 | 77,0 | 14,4 | 62,6 |
| Bulgarie | 32,0 | 32,0 | 0,0 | 33,2 | 33,2 | 0,0 |
| Pays-Bas | 27,9 | 27,9 | 0,0 | 28,1 | 28,1 | 0,0 |
| Belgique | 27,9 | 27,9 | 0,0 | 26,4 | 26,4 | 0,0 |
| Tchéquie | 20,0 | 20,0 | 0,0 | 20,7 | 20,7 | 0,0 |
| Hongrie | 16,0 | 16,0 | 0,0 | 17,6 | 17,6 | 0,0 |
| Croatie | 16,1 | 16,1 | 0,0 | 16,4 | 16,4 | 0,0 |
| Irlande | 14,1 | 14,1 | 0,0 | 14,1 | 14,1 | 0,0 |
| Slovaquie | 9,1 | 9,1 | 0,0 | 9,6 | 9,6 | 0,0 |
| Suède | 9,8 | 9,8 | 0,0 | 9,5 | 9,5 | 0,0 |
| Slovénie | 7,2 | 7,2 | 0,0 | 6,0 | 6,0 | 0,0 |
| Malte | 3,2 | 3,2 | 0,0 | 2,9 | 2,9 | 0,0 |
| Finlande | 2,6 | 2,6 | 0,0 | 2,6 | 2,6 | 0,0 |
| Luxembourg | 2,5 | 2,5 | 0,0 | 2,6 | 2,6 | 0,0 |
| Roumanie | 0,8 | 0,8 | 0,0 | 0,8 | 0,8 | 0,0 |
| Lettonie | 0,9 | 0,0 | 0,9 | 0,7 | 0,0 | 0,7 |
| Estonie | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lituanie | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total EU 27 | 2 727,7 | 2 654,9 | 72,8 | 2 707,5 | 2 637,7 | 69,8 |

* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur des « Transports ». ** La chaleur dérivée est équivalente à la production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source : Eurostat

5

Projection EurObserv'ER de la consommation de chaleur solaire thermique* dans l'Union européenne à 27 (en ktep)



* Consommation d'énergie finale et production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source : EurObserv'ER

établie fin 2023 à 59,6 millions de m², soit une augmentation de 0,9 % par rapport à 2022. La surface cumulée européenne aurait augmenté de l'ordre de 507 331 m². Cette évaluation comprend les trois principales technologies solaires thermiques (capteurs plans vitrés, capteurs à tubes sous vide et capteurs non vitrés) et intègre les hypothèses de déclassement des installations définies par chaque État membre.

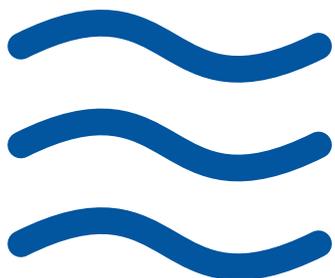
Il est intéressant de noter que dans certains pays, les superficies totales de capteurs en opération augmentent peu, et des pays ont même amorcé une décroissance de leur parc. Cette évolution s'explique par des volumes mis hors service au début des années 2000 proches des volumes installés actuellement (le marché 2003 de l'UE était de l'ordre de 1,7 million de m²). Le déclassement va s'accroître dans les prochaines années, en lien avec des niveaux d'installations particulièrement élevés durant la seconde moitié des années 2000 jusqu'au début des années 2010 (qui ont culminé à 4,5 millions de m² en 2008). Cette évolution posera dans quelques années le problème du maintien des apports de la chaleur solaire dans les objectifs de l'Union européenne dans le cas d'une absence de relance significative du marché. En attendant, la chaleur solaire thermique, qu'elle soit directement consommée par l'utilisateur final ou qu'elle soit fournie par les réseaux de chaleur, diminue très légèrement dans l'Union européenne (- 0,7 % entre 2022 et 2023) pour atteindre 2 707,5 ktep (dont 69,8 ktep de chaleur vendue issue de réseaux de chaleur). Cette très légère baisse est imputable à un plus faible

ensoleillement comparé à 2022 dans nombre de pays de l'UE et notamment en Allemagne.

L'ENJEU PREMIER DE LA DÉCARBONATION DE LA CHALEUR

La rechute du marché solaire thermique en 2023 n'est clairement pas une bonne nouvelle dans la lutte contre le changement climatique. De l'aveu même de Solar Heat Europe, dans un communiqué de presse de mai 2024 titré « We need to move from RE-Power EU to RE-Energise EU », « le taux de croissance actuel de la filière solaire thermique est en deçà des ambitions de la stratégie solaire de l'Union européenne, qui suggère que notre secteur devrait au moins tripler d'ici 2030, passant de 40,5 GWth à 140 GWth. Il est clair qu'il faut l'augmenter! ». Le changement d'échelle, c'est ce qu'essaient de mettre en œuvre

les décideurs publics et les institutions de l'Union européenne via la réglementation européenne. Tel est l'enjeu de la révision de la directive sur la performance énergétique des bâtiments, définitivement adoptée en avril 2024 par le Parlement européen et publiée au *Journal officiel de l'Union européenne* le 5 mai dernier. Une clé future de la réussite du marché de la chaleur renouvelable passera également par l'hybridation des systèmes, un élément clairement énoncé par la Commission européenne dans le plan RePowerEU : « Les panneaux solaires (thermiques) associés au photovoltaïque, combinés à des pompes à chaleur, peuvent remplacer les brûleurs à gaz naturel dans les maisons et les entreprises. L'énergie solaire sous forme d'électricité, d'eau chaude et d'hydrogène peut remplacer la consommation de gaz naturel dans les processus industriels. » ■



HYDROÉLECTRICITÉ

La situation de l'hydraulique dans les pays de l'Union européenne s'est améliorée en 2023, après avoir connu en 2022 un des pires déficits hydroélectriques de son histoire. La production hydroélectrique brute issue du débit naturel de l'eau, c'est-à-dire ne prenant pas en compte la

production d'électricité issue du pompage-turbinage, s'est selon Eurostat établie à 329,9 TWh en 2023 dans l'UE à 27, en croissance de 19,4 % par rapport à son niveau de production de 2022 (276,2 TWh). C'est en deçà, cependant, des niveaux de production de 2020 (347,2 TWh) et de 2021 (348,4 TWh).

Le pompage-turbinage est quant à lui resté stable entre 2022 et 2023, de 31,3 TWh à 31,2 TWh, et demeure à un niveau élevé par rapport aux années précédentes. La plupart des pays de l'Union européenne ont enregistré en 2023 des taux de croissance de leur production ↘



1

Puissance* des centrales hydrauliques pures, mixtes et de pompage pures dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en MW)

| | 2022 | | | | 2023 | | | |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|---|------------------|------------------------------|-------------------------------|---|------------------|
| | Centrales hydrauliques pures | Centrales hydrauliques mixtes | Centrales hydrauliques de pompage pures | Total | Centrales hydrauliques pures | Centrales hydrauliques mixtes | Centrales hydrauliques de pompage pures | Total |
| France | 18 863,7 | 5 372,3 | 1 727,7 | 25 963,7 | 19 224,8 | 5 372,8 | 1 727,7 | 26 325,2 |
| Italie | 15 598,7 | 3 334,1 | 3 928,0 | 22 860,8 | 15 660,0 | 3 282,5 | 3 969,6 | 22 912,0 |
| Espagne | 13 734,5 | 3 071,2 | 3 331,4 | 20 137,1 | 13 737,6 | 3 071,2 | 3 331,4 | 20 140,2 |
| Suède | 16 300,0 | 99,0 | 0,0 | 16 399,0 | 16 307,0 | 99,0 | 0,0 | 16 406,0 |
| Autriche | 9 127,8 | 5 796,3 | 0,0 | 14 924,1 | 9 391,6 | 5 561,5 | 0,0 | 14 953,1 |
| Allemagne | 4 436,0 | 1 134,0 | 5 353,0 | 10 923,0 | 4 566,0 | 1 040,0 | 5 345,0 | 10 951,0 |
| Portugal | 4 541,4 | 3 647,2 | 0,0 | 8 188,6 | 4 539,4 | 3 647,2 | 0,0 | 8 186,6 |
| Roumanie | 6 293,2 | 277,9 | 91,5 | 6 662,6 | 6 317,8 | 277,9 | 91,5 | 6 687,2 |
| Grèce | 2 722,0 | 699,0 | 0,0 | 3 421,0 | 2 760,0 | 699,0 | 0,0 | 3 459,0 |
| Bulgarie | 2 335,2 | 149,0 | 864,0 | 3 348,2 | 2 337,3 | 149,0 | 864,0 | 3 350,3 |
| Finlande | 3 171,0 | 0,0 | 0,0 | 3 171,0 | 3 169,0 | 0,0 | 0,0 | 3 169,0 |
| Slovaquie | 1 616,0 | 0,0 | 916,0 | 2 532,0 | 1 615,0 | 0,0 | 916,0 | 2 531,0 |
| Pologne | 607,9 | 376,0 | 1 423,0 | 2 406,8 | 611,5 | 376,0 | 1 423,0 | 2 410,4 |
| Tchéquie | 1 113,6 | 0,0 | 1 171,5 | 2 285,1 | 1 116,9 | 0,0 | 1 171,5 | 2 288,4 |
| Croatie | 1 930,4 | 275,3 | 0,0 | 2 205,7 | 1 908,9 | 281,0 | 0,0 | 2 189,9 |
| Lettonie | 1 587,7 | 0,0 | 0,0 | 1 587,7 | 1 587,7 | 0,0 | 0,0 | 1 587,7 |
| Belgique | 123,3 | 0,0 | 1 307,0 | 1 430,3 | 124,3 | 0,0 | 1 307,0 | 1 431,3 |
| Slovénie | 1 166,1 | 0,0 | 180,0 | 1 346,1 | 1 170,8 | 0,0 | 180,0 | 1 350,8 |
| Luxembourg | 34,0 | 0,0 | 1 296,0 | 1 330,0 | 33,9 | 0,0 | 1 296,0 | 1 329,9 |
| Lituanie | 117,0 | 0,0 | 760,0 | 877,0 | 117,0 | 0,0 | 760,0 | 877,0 |
| Irlande | 237,0 | 0,0 | 292,0 | 529,0 | 237,0 | 0,0 | 292,0 | 529,0 |
| Hongrie | 60,0 | 0,0 | 0,0 | 60,0 | 60,0 | 0,0 | 0,0 | 60,0 |
| Pays-Bas | 37,7 | 0,0 | 0,0 | 37,7 | 37,7 | 0,0 | 0,0 | 37,7 |
| Estonie | 8,0 | 0,0 | 0,0 | 8,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 |
| Danemark | 6,6 | 0,0 | 0,0 | 6,6 | 7,1 | 0,0 | 0,0 | 7,1 |
| Total EU 27 | 105 768,9 | 24 231,2 | 22 641,1 | 152 641,2 | 106 648,3 | 23 857,0 | 22 674,6 | 153 179,9 |

* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat



hydroélectrique à deux chiffres. Les hausses les plus significatives sont à mettre au crédit de l'Italie (+ 42,7 %, + 12,1 TWh), de la France (+ 24,5 %, + 11,1 TWh), de l'Espagne (+ 42,1 %, + 7,4 TWh), de l'Autriche (+ 17,5 %, + 6 TWh) et du Portugal (+ 84,2 %, + 5,5 TWh). Dans les pays du sud de l'Europe, comme en Espagne et au Portugal, les variations de la production peuvent être extrêmement élevées d'une année sur l'autre en fonction de la pluviométrie et des épisodes de sécheresse. La Suède est un des rares pays à avoir diminué sa production hydroélectrique entre 2022 et 2023 (- 5,3 %, - 3,7 TWh) avec la Bulgarie (- 19 %, - 0,7 TWh).

Il convient de préciser que dans les calculs des objectifs énergies renouvelables des pays membres, la production hydroélectrique est normalisée sur les 15 dernières années afin d'atténuer l'effet des variations en matière d'hydraulicité. Selon Eurostat, la production hydroélectrique normalisée retenue à l'échelle de l'Union européenne était de 346,4 TWh en 2023, en augmentation de 0,4 % par rapport à 2022 (345,1 TWh cette année). Le chiffre de la production hydroélectrique normalisée était donc en 2023, à l'échelle de l'Union européenne, au-dessus de la production hydroélectrique réelle (+ 16,5 TWh de différence).

Sur le plan de la puissance, Eurostat distingue les centrales hydroélectriques selon trois catégories. Les « centrales hydrauliques pures » (pure hydro plants) regroupent les centrales hydroélectriques qui utilisent uniquement des apports directs d'eau naturels et qui ne disposent d'aucune capacité de stockage par pompage permettant de

2

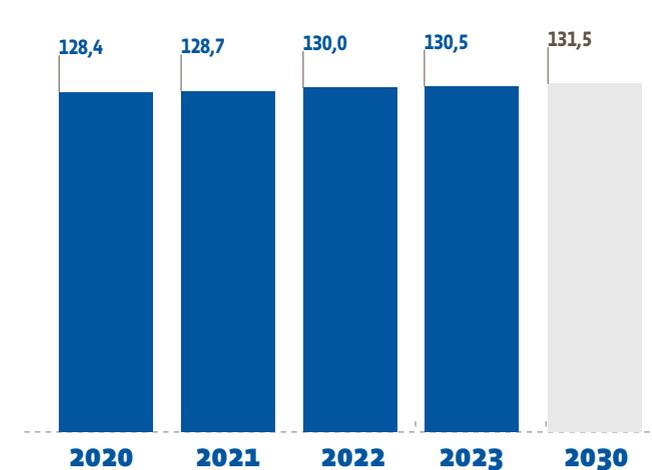
Production brute d'électricité d'origine hydraulique (hors pompage) dans les pays de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en TWh)

| | 2022 | 2023 | Production normalisée 2023* |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| Suède | 69,871 | 66,187 | 67,494 |
| France | 45,521 | 56,657 | 60,258 |
| Autriche | 34,625 | 40,673 | 43,009 |
| Italie | 28,398 | 40,517 | 47,813 |
| Espagne | 17,590 | 24,996 | 30,167 |
| Allemagne | 17,624 | 19,894 | 20,057 |
| Roumanie | 13,977 | 18,137 | 15,849 |
| Finlande | 13,492 | 15,200 | 14,502 |
| Portugal | 6,536 | 12,039 | 12,778 |
| Croatie | 5,460 | 8,161 | 6,858 |
| Slovénie | 3,149 | 5,021 | 4,607 |
| Slovaquie | 3,678 | 4,686 | 4,302 |
| Grèce | 3,855 | 3,815 | 5,130 |
| Lettonie | 2,750 | 3,794 | 2,932 |
| Bulgarie | 3,803 | 3,080 | 4,043 |
| Pologne | 1,968 | 2,410 | 2,332 |
| Tchéquie | 2,093 | 2,363 | 2,220 |
| Irlande | 0,701 | 0,943 | 0,761 |
| Lituanie | 0,464 | 0,450 | 0,439 |
| Belgique | 0,271 | 0,407 | 0,348 |
| Hongrie | 0,178 | 0,222 | 0,237 |
| Luxembourg | 0,064 | 0,089 | 0,096 |
| Pays-Bas | 0,050 | 0,069 | 0,084 |
| Estonie | 0,023 | 0,024 | 0,041 |
| Danemark | 0,015 | 0,020 | 0,016 |
| Total EU 27 | 276,156 | 329,854 | 346,372 |

* Normalisée selon la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat

3

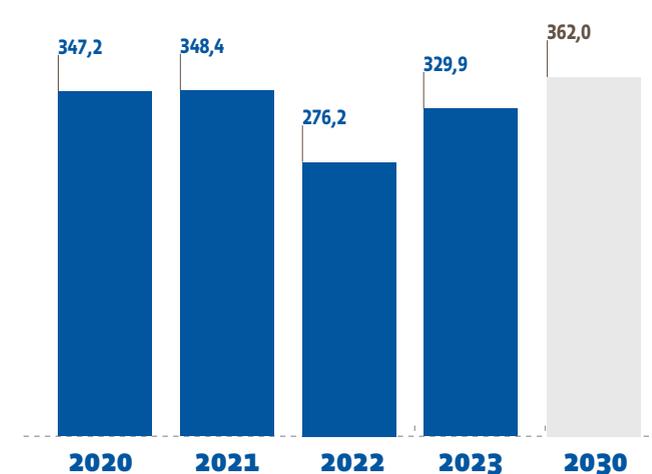
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance hydraulique nette installée (hors pompage pure) de l'Union européenne à 27 (en GW)



Source : EurObserv'ER

4

Projection EurObserv'ER de la production hydroélectrique (hors pompage) dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



Source : EurObserv'ER

faire remonter l'eau en amont du barrage. La totalité de leur production est de ce fait qualifiée de renouvelable. Les centrales hydrauliques mixtes (mixed hydro plants) sont des centrales hydrauliques à apport naturel d'eau où tout ou partie de l'équipement peut être utilisé pour pomper de l'eau en amont du barrage. Ce type de centrales peut ainsi produire de l'électricité avec le flux naturel, mais également avec de l'eau précédemment pompée en amont du barrage. Seule la partie de la production produite avec le débit naturel peut être qualifiée de renouvelable. Enfin, les stations de transfert d'énergie par pompage (Step) pures (pure pumped storage plants) ne sont pas reliées à un cours d'eau et n'utilisent pas le débit naturel de l'eau, et donc l'électricité produite n'est pas qualifiée de renouvelable. Une Step est composée de deux bassins situés à des altitudes différentes; elle permet de stocker de l'énergie en pompant l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur lorsque la demande électrique est faible et que le prix de marché de l'électricité est bas et de la restituer quand la demande est forte et le prix de l'électricité est élevé. Selon Eurostat, la puissance nette maximum des centrales hydrauliques pures de l'Union européenne à 27 a été mesurée à 106 648 MW en 2023 (105 769 MW en 2022), tandis que la puissance nette maximum des centrales mixtes atteignait 23 857 MW en 2023 (24 231 MW en 2022). En prenant en compte uniquement les centrales hydroélectriques pures, les cinq pays les plus richement dotés en 2023 sont la France (19 225 MW),



Energie AG Oberösterreich

la Suède (16 307 MW), l'Italie (15 660 MW), l'Espagne (13 738 MW) et l'Autriche (9 392 MW).

L'UE RÉINVESTIT DANS LE STOCKAGE HYDROÉLECTRIQUE

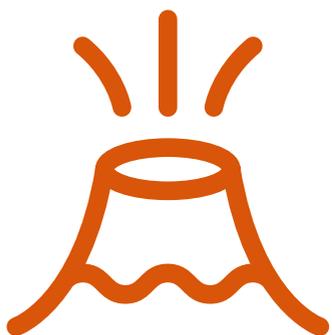
Dans l'Union européenne, l'augmentation de la contribution de l'hydroélectricité reste un défi compte tenu de l'accélération des perturbations de la disponibilité de l'eau causées par le changement climatique. L'une des incidences évidentes du changement climatique est l'accroissement de la variabilité de la production, avec une augmentation significative des périodes de sécheresse mais aussi des inondations qui affectent le fonctionnement des barrages, et qui légitiment d'autant plus la fonction de stockage de l'eau.

Le développement rapide des énergies renouvelables dites « variables », comme l'éolien et le solaire photovoltaïque, a également augmenté les besoins de flexibilité du système électrique européen. Ces besoins ont ouvert de nouvelles perspectives à la production hydroélectrique par pompage-turbinage et à la modernisation du parc hydroélectrique européen existant.

De plus, le nouvel accord (provisoire) sur la réforme de l'organisation du marché de l'électricité, passé entre le Conseil européen et la Commission européenne en janvier 2024, exige que les États membres de l'UE évaluent leurs besoins en matière de solutions de flexibilité et fixent des objectifs pour réduire leur dépendance aux combustibles fossiles. Pour ce faire, ils auront également la possibilité d'introduire de nouveaux dispositifs de soutien, en

particulier pour répondre à la demande et gérer le stockage. La publication 2024 de « Perspectives mondiales de l'hydroélectricité – Les possibilités de progression vers la neutralité carbone », édité par l'IHA (International Hydropower Association), donne quelques exemples de nouveaux projets annoncés en 2023 dans les pays de l'Union européenne. Parmi eux, on peut citer la centrale d'Ebensee, développée par Energie AG sur le Traunsee, en Autriche, qui a commencé en 2023 ses travaux préparatoires sur le site. La construction devrait durer quatre ans et la turbine à vitesse variable de 170 MW, fournie par Andritz Hydro, devrait commencer à fonctionner vers la fin de 2027. En Estonie, le projet de centrale souterraine de pompage-turbinage de Zero Terrain, situé à Paldiski et développé par Energisilav, a obtenu son permis en janvier 2023 et est prêt pour la phase de construction. Ce nouveau programme de 500 MW est l'un des « projets d'intérêt commun » de l'UE et est soutenu par le Mécanisme pour l'interconnexion en Europe. En Finlande, l'entreprise d'électricité Suomen Voima a annoncé fin 2023 son intention de développer un nouveau projet de stockage de l'énergie, Noste, dans le nord du pays. Elle construira jusqu'à trois petites centrales de pompage-turbinage, pour une capacité totale de plus de 100 MW et un investissement total de 300 millions d'euros. Ce projet est financé par une subvention de 26,3 millions d'euros accordée par la Commission européenne en vertu des règles de l'UE relatives aux aides d'État. En Espagne, la centrale de pompage-

turbinage Chiara, à Gran Canaria, a reçu une subvention de 90 millions d'euros de la part du Fonds européen de développement régional. Une fois achevée, la centrale aura une capacité de 200 MW en mode turbine, de 220 MW en mode pompage et une capacité totale de stockage de 3,6 GWh. En mars 2023, Iberdrola a obtenu le feu vert du gouvernement espagnol pour le projet de pompage-turbinage de Valdecañas. Cette centrale aura une puissance totale de 275 MW. Il s'agit d'un système hybride qui comprendra des batteries chimiques d'une capacité de 15 MW. ■



GÉOTHERMIE

La géothermie consiste à puiser la chaleur contenue dans le sous-sol, afin de l'utiliser pour chauffer des bâtiments, les rafraîchir ou produire de l'électricité. Les techniques et les usages géothermiques diffèrent selon la température des sols ou des aquifères où l'eau est prélevée. Quand elle est comprise entre 30 et 150 °C (de quelques centaines de mètres jusqu'à environ 2 kilomètres), la chaleur géothermique peut être utilisée pour le chauffage urbain collectif (réseau de chaleur) ou être directement prélevée pour alimenter en chauffage des maisons individuelles, des immeubles ou des exploitations agricoles. Pour augmenter les performances d'un réseau de chaleur géothermique, il peut être envisagé d'associer une ou plusieurs pompes à chaleur (PAC) de très grande puissance, qui permettent d'augmenter la température exploitable par le réseau et d'utiliser au maximum l'énergie géothermale disponible. Quand la température de l'aquifère est comprise entre 90 et 150 °C, il est également possible de produire de l'électricité avec la technologie de cycle binaire. Dans ce cas,

l'eau prélevée, qui est soit liquide soit gazeuse quand elle atteint la surface, transfère sa chaleur à un autre liquide de travail qui se vaporise à moins de 100 °C. La vapeur ainsi obtenue actionne une turbine pour produire de l'électricité. Ces centrales peuvent fonctionner en cogénération et produire en même temps de l'électricité et de

la chaleur alimentant un réseau. Au-delà de 150 °C (jusqu'à 250 °C), l'eau prélevée à des profondeurs de plus de 1 500 mètres se retrouve à l'état de vapeur quand elle atteint la surface et peut directement faire tourner des turbines qui génèrent de l'électricité. On parle alors de géothermie haute énergie, que l'on trouve dans les

régions volcaniques ou de limite de plaques. Les systèmes de pompe à chaleur qui extraient la chaleur superficielle du sol et des aquifères de surface font l'objet d'un traitement spécifique et par convention ne sont pas comptabilisés dans les données officielles de production d'énergie géothermique.

LA PRODUCTION DE CHALEUR

Les applications dans le domaine de la production de chaleur géothermique sont multiples. Le principal usage est le chauffage des habitations et des locaux commerciaux, mais d'autres applications sont possibles dans l'agriculture (chauffage de serres, séchage de produits agricoles, etc.), la pisciculture, le chauffage des piscines, le rafraîchissement, entre autres. En raison de cette multiplicité d'usages, la puissance thermique des installations ne fait pas toujours l'objet d'un suivi précis et régulier de la part des organismes statistiques officiels.

L'Egec (European Geothermal Energy Council) assure néanmoins un suivi de la puissance des réseaux de chaleur géothermiques

(et de rafraîchissement) en Europe et dans l'Union européenne. Selon l'Egec, l'Union européenne à elle seule comptait 299 réseaux de chaleur (et de froid) géothermiques en opération en 2023, correspondant à une puissance cumulée de 2 286,3 MWth (2 254,2 MWth en 2022). Huit nouveaux systèmes géothermiques de chauffage et de refroidissement urbains ont été mis en service dans l'UE en 2023 (11 en 2022), représentant une puissance cumulée additionnelle de 32,1 MWth (comparé à + 90,7 MWth

en 2022). Dans le détail, la Finlande a mis en service 3 nouvelles centrales géothermiques (+ 3,7 MWth), dont sa première alimentant un réseau de chaleur. La Roumanie en a ajouté 2 (+ 12,2 MWth), l'Allemagne 1 (+ 7,5 MWth), les Pays-Bas 1 (+ 7 MWth) et la Slovaquie 1 (+ 3,5 MWth). Pour plus d'informations, la répartition de la puissance des réseaux de chaleur géothermiques par pays est disponible dans la publication « Geothermal market report 2023 » de l'Egec, parue en juillet 2024.



1

Puissance installée et puissance nette des centrales électriques géothermiques de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en MW)*

| | 2022 | | 2023 | |
|--------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | Puissance installée | Puissance nette | Puissance installée | Puissance nette |
| Italie | 915,5 | 771,8 | 915,5 | 771,8 |
| Allemagne | 59,0 | 52,0 | 57,0 | 52,0 |
| Portugal | 34,0 | 29,1 | 34,0 | 29,1 |
| Croatie | 16,5 | 10,0 | 16,5 | 10,0 |
| France | 17,2 | 16,2 | 17,2 | 16,2 |
| Hongrie | 3,4 | 3,0 | 3,4 | 3,0 |
| Autriche | 1,2 | 0,3 | 1,2 | 0,3 |
| Total EU 27 | 1 046,8 | 882,3 | 1 044,8 | 882,3 |

* Puissance électrique maximum nette. Sources : EurObserv'ER (puissance installée), Eurostat (puissance nette)



2

Production brute d'électricité géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en GWh)

| | 2022 | 2023 |
|--------------------|----------------|----------------|
| Italie | 5 836,9 | 5 692,2 |
| Allemagne | 206,0 | 195,0 |
| Portugal | 194,6 | 207,5 |
| France | 113,6 | 128,8 |
| Croatie | 72,7 | 20,6 |
| Hongrie | 4,0 | 16,0 |
| Autriche | 0,002 | 0,005 |
| Total EU 27 | 6 427,8 | 6 260,1 |

Source: Eurostat

Parmi les nouvelles réalisations, la centrale de chauffage géothermique construite par QHeat pour Vantaan Energia dans le district de Varisto à Vantaa est la première centrale géothermique finlandaise reliée à un réseau de chaleur. Elle dispose de trois puits de chauffage d'environ 800 mètres de profondeur, et produira chaque année de l'ordre de 2 600 MWh, ce qui correspond à la demande annuelle de chauffage d'environ 130 maisons privées. Deux autres centrales ont été mises en service par QHeat : une à Finnoo, qui dispose d'un puits de chauffage de 1 000 mètres de profondeur, qui fournira de la chaleur à 6 immeubles d'habitation (pour un total de 14 000 m²) ; ainsi qu'un système de stockage de chaleur géothermique sur le site de l'usine de valorisation énergétique des déchets de Lounavoima à Salo. Ce système sera connecté au réseau de chauffage urbain de la ville dès l'hiver 2024-2025. Une décision a été prise en juin 2024

pour la construction de trois puits supplémentaires sur le site avec un achèvement du dernier puits de chaleur prévu pour l'été 2025. Autre projet, l'Allemagne a mis en service en 2023 sa quarantième centrale géothermique dans la ville de Schwerin. La centrale de chauffage de 7,5 MWth, inaugurée en avril 2023 par le chancelier Olaf Scholz, utilisera de l'eau géothermique pompée à 1 300 mètres de profondeur qui sera extraite à une température de 56 °C. La chaleur sera ensuite transférée à un circuit intermédiaire auquel sera adossée une pompe à chaleur afin d'augmenter la température. La centrale fournira les besoins en chauffage de 2 000 ménages, soit environ 15 % des clients du réseau de chaleur de la ville de Schwerin. Cependant, l'événement le plus marquant en 2023 concernant la chaleur géothermique a été l'inauguration par Elisa Ferreira, la commissaire européenne chargée de la Cohésion et des Réformes, du

plus grand réseau de chaleur géothermique de l'Union européenne (235,8 MWth). Situé à Szeged, en Hongrie, ce réseau est pleinement opérationnel depuis 2024. L'Union européenne a investi pas moins de 23 millions d'euros pour étendre le réseau existant et fournir de la chaleur géothermique à 28 000 habitants et à plus de 400 bâtiments publics. Le réseau de chauffage de Szeged est le plus grand d'Europe en dehors de l'Islande. Il compte 27 puits géothermiques, 16 centrales de chauffage et un réseau de canalisation de 250 km.

À l'échelle de l'Union européenne, la production de chaleur issue du secteur de la transformation, qui correspond globalement à la vente de chaleur distribuée par les réseaux de chaleur, est estimée par Eurostat à 344,8 ktep en 2023 (353,1 ktep en 2022). S'ajoute la chaleur directement consommée par l'utilisateur final, estimée à 604,8 ktep en 2023 (601,2 ktep en 2022). Le total de la chaleur géothermique consommée dans l'UE à 27 s'établit donc à 949,5 ktep en 2023 (954,3 ktep en 2022). Selon EurObserv'ER, la baisse enregistrée entre 2022 et 2023 concernant la vente de chaleur géothermique n'est pas significative et peut s'expliquer localement par une baisse temporaire des besoins de chaleur et de maintenance. La tendance reste positive sur les dernières années avec un gain de 7,8 % entre 2020 et 2023 pour la vente de chaleur géothermique et un gain de 8,4 % pour l'ensemble de la chaleur géothermique. D'ici 2030, les perspectives de croissance de la chaleur géothermique restent très encourageantes. Selon l'Egéc, 333 centrales géothermiques de chauffage et de

refroidissement urbains étaient en cours de développement en 2024 à l'échelle de l'Union européenne, l'Allemagne (133), la France (24), les Pays-Bas (39) et l'Italie (21) ayant les plus grandes réserves de projets. Cela représente potentiellement 636 projets en opération dans les prochaines années, soit plus du double du nombre de projets en opération à la fin de l'année 2023. En résumé, le marché européen des réseaux de chaleur et de froid géothermiques est prêt pour une croissance substantielle, tirée par le soutien politique, les progrès technologiques et la nécessité de mise en œuvre de solutions énergétiques durables. Selon l'Egéc, l'accent mis sur les systèmes à basse température et les modèles commerciaux innovants seront la clé pour surmonter les défis actuels et atteindre des objectifs futurs ambitieux.

LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Aucune nouvelle centrale électrique géothermique n'ayant été mise en service en 2023, la puissance électrique des centrales géothermiques de l'Union européenne n'a quasiment pas évolué, avec une puissance installée de 1 044,8 MW (2 MW en moins en Allemagne par rapport à 2022, selon le décompte de l'AGEE-Stat). La puissance nette, qui est la puissance maximale présumée exploitable, est, elle, estimée par Eurostat à 882,3 MW en 2023, identique à celle de 2022. Elle est répartie dans 7 pays : Italie (771,8 MW), Allemagne (52 MW), Portugal (29,1 MW), France (16,5 MW), Croatie (10 MW), Hongrie (3 MW) et Autriche (0,25 MW). L'Egéc dénombre quant à lui une soixantaine de centrales



géothermiques en activité dans l'Union européenne, essentiellement implantée en Italie (36 centrales) et en Allemagne (12 centrales), 3 au Portugal (dans les Açores), 3 en France (en Guadeloupe et à Soultz), 2 en Autriche et 1 en Hongrie. Toujours selon Eurostat, la production brute d'électricité géothermique de l'Union européenne a de nouveau légèrement diminué entre 2022 et 2023, de 6,4 TWh à 6,3 TWh (- 2,6 %), avec des baisses de production mesurées en Italie, en Allemagne, en Croatie et des hausses mesurées en France, au Portugal et en Hongrie. Ces variations annuelles peuvent s'expliquer par des opérations de maintenance. Selon l'Egéc, l'absence de nouvelles mises en service s'explique principalement par un contexte défavorable sur la période 2020 à 2023, marquée par le manque de soutien réglementaire ou l'incertitude le concernant, les effets du

ralentissement de la pandémie de Covid-19, la guerre en Ukraine, les taux d'intérêt élevés et un marché de l'électricité qui ne croît pas. Compte tenu de la durée de développement d'un projet de centrale géothermique (de 5 à 7 ans), peu de projets seront mis en service sur le court terme. Un seul projet a été mis en service en 2024, celui de la centrale géothermique pilote de 50 kW de Centiba, dans la municipalité de Lendava, en Slovénie. La construction, qui a débuté au début de l'année 2023, a été réalisée par Petrol Geo pour le compte de Dravske Elektranne Maribor (DEM). Ce projet pilote a pour but de tester une technologie brevetée permettant de réutiliser des puits de gaz non productifs pour produire de l'électricité géothermique. Elle utilise un caloduc géothermique gravitaire qui produit un flux de chaleur suffisant pour la production d'électricité à des profondeurs supérieures à 2 kilomètres.



3

Consommation de chaleur* provenant d'énergie géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | 2023 | | |
|--------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|
| | Total | Dont consommation d'énergie finale | Dont chaleur dérivée** | Total | Dont consommation d'énergie finale | Dont chaleur dérivée** |
| France | 190,7 | 40,2 | 150,5 | 193,0 | 40,2 | 152,9 |
| Allemagne | 165,3 | 93,2 | 72,2 | 162,6 | 95,8 | 66,9 |
| Pays-Bas | 162,4 | 162,4 | 0,0 | 162,4 | 162,4 | 0,0 |
| Hongrie | 154,7 | 79,8 | 74,8 | 159,0 | 85,4 | 73,6 |
| Italie | 135,3 | 109,6 | 25,7 | 132,2 | 107,8 | 24,4 |
| Bulgarie | 36,6 | 36,6 | 0,0 | 37,1 | 37,1 | 0,0 |
| Pologne | 31,5 | 31,5 | 0,0 | 32,8 | 32,8 | 0,0 |
| Autriche | 25,0 | 8,6 | 16,4 | 21,6 | 7,7 | 13,9 |
| Roumanie | 17,6 | 11,3 | 6,4 | 14,3 | 8,0 | 6,3 |
| Slovénie | 13,2 | 12,7 | 0,5 | 13,5 | 13,0 | 0,4 |
| Grèce | 7,9 | 7,9 | 0,0 | 7,6 | 7,6 | 0,0 |
| Slovaquie | 4,9 | 0,7 | 4,2 | 4,8 | 0,8 | 4,0 |
| Croatie | 4,7 | 4,7 | 0,0 | 4,2 | 4,2 | 0,0 |
| Portugal | 1,8 | 1,8 | 0,0 | 1,9 | 1,9 | 0,0 |
| Belgique | 1,5 | 0,0 | 1,5 | 1,7 | 0,0 | 1,7 |
| Danemark | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 0,8 | 0,0 | 0,8 |
| Espagne | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 |
| Total EU 27 | 954,3 | 601,2 | 353,1 | 949,5 | 604,8 | 344,8 |

* Équivalent à la production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et à la consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur du « Transport ». ** Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source: Eurostat

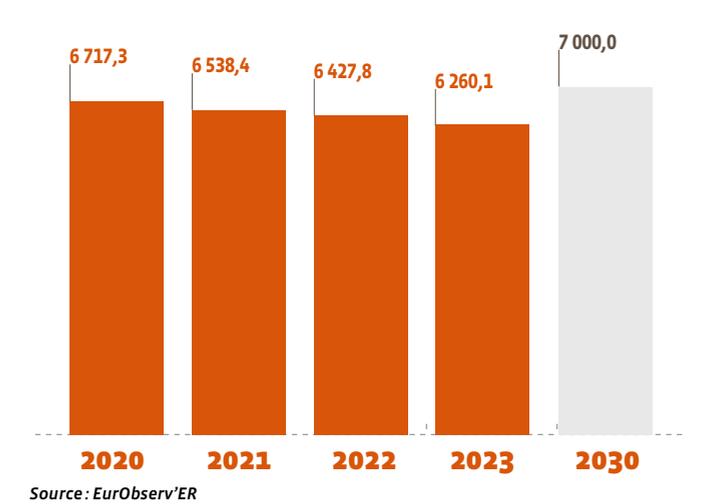
Si le pilote s'avère concluant, la technologie pourra alors être utilisée pour d'autres puits de gaz abandonnés en Slovénie et dans le monde entier. Des projets plus significatifs sont en cours de construction. En Allemagne, les

opérations de forage du projet commercial utilisant le système Eavor-Loop™ du canadien Eavor Technologies ont commencé en juillet 2023 à Geretsried, en Bavière. Eavor-Loop™ est un système novateur fonctionnant en

circuit complètement fermé sans fracturation ni émission de gaz à effet de serre et sans production de saumure ni contamination des aquifères. Le projet nécessitera le forage de quatre boucles (huit puits) jusqu'à une profondeur de

4

Projection EurObserv'ER de la production d'électricité géothermique dans l'Union européenne à 27 (en GWh)

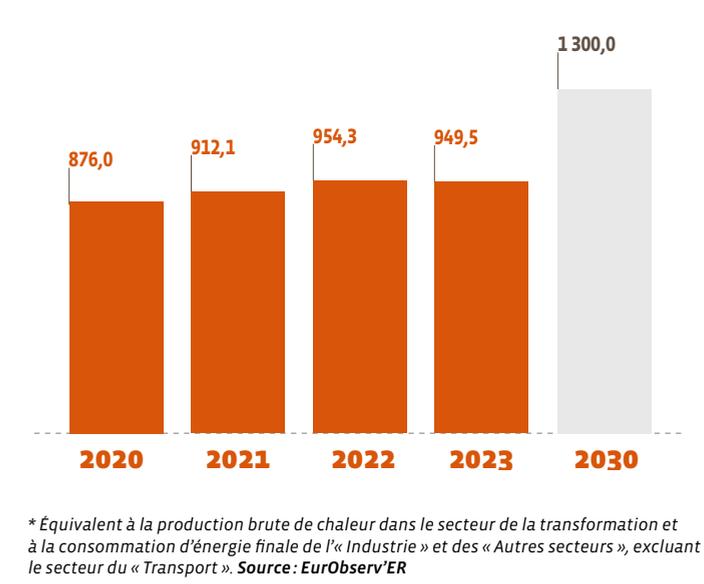


4 500 mètres et bénéficiera des solutions tubulaires anti-écrasement produites par l'entreprise française Vallourec. La centrale devrait être pleinement opérationnelle à la fin de l'année 2026 mais pourrait fonctionner partiellement dès 2025. Au cours de son cycle de vie initial de 30 ans, elle produira 64 MW d'énergie thermique et 8,2 MW d'électricité et économisera l'émission de 44 000 t de CO₂ par an. Ce projet a bénéficié d'une subvention européenne de 91,6 millions d'euros du Fonds européen pour l'innovation et d'un prêt de 45 millions d'euros de la part de la Banque européenne d'investissement (BEI).

L'Egec reste optimiste sur le développement futur des centrales géothermiques en Europe. Selon l'association, le marché de l'électricité géothermique est entré dans une nouvelle phase de développement, avec de nombreuses centrales qui seront mises en service dans les cinq à sept prochaines années. Elle a comptabilisé 34 projets en cours de développement et 145 en phase d'étude dans l'Union européenne. Dans les prochaines années à horizon 2030, l'Allemagne devrait rester le pays de l'Union européenne le plus actif sur le plan des installations avec, selon l'Egec, 17 projets en cours de développement. Des pays comme la Croatie, la France et l'Italie devraient également faire évoluer leur capacité de production, tandis que des marchés émergents comme l'Espagne et la Grèce devraient commencer l'exploitation de leur potentiel géothermique pour la production d'électricité. ■

5

Projection EurObserv'ER de la consommation de chaleur géothermique* dans l'Union européenne à 27 (en ktep)





POMPES À CHALEUR

La pompe à chaleur (PAC) est l'une des options technologiques majeures pour progresser vers la neutralité carbone, et ce d'autant plus que l'électricité utilisée pour son fonctionnement tend à être décarbonée. La technologie des PAC présente l'avantage d'être utilisable dans tout type de bâtiment (neuf, ancien, résidentiel, tertiaire, industriel ou agricole), de toute taille (de la maison individuelle aux grands immeubles du tertiaire). Elle répond aussi bien à des besoins de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire que de rafraîchissement. Elle peut également servir dans des procédés industriels nécessitant de la chaleur et de la vapeur, notamment dans le domaine agroalimentaire, le chauffage de serre, et peut également être utilisée pour relever la température des réseaux de chaleur.

UN ÉVENTAIL DE TECHNOLOGIES

Pour comprendre l'évolution du marché des pompes à chaleur, il est indispensable d'identifier dans un premier temps les différents types de système. On distingue

trois grandes familles de PAC, en fonction de la source froide où l'énergie thermique est prélevée. Les PAC aérothermiques sont celles où l'énergie thermique est prélevée dans l'air ambiant. Les PAC géothermiques rassemblent les systèmes où l'énergie thermique est captée dans le sol et, enfin, les PAC hydrothermiques exploitent les calories de l'eau (eau de nappe phréatique, de lac, etc.). Par souci de simplicité et en raison de leur proximité technologique, la famille des PAC hydrothermiques est assimilée dans les indicateurs EurObserv'ER à la famille des PAC géothermiques. On distingue également les PAC selon le mode de diffusion de la chaleur (ou du froid). Elles sont sur vecteur eau quand le mode de chauffage est un radiateur à eau chaude ou un plancher chauffant hydraulique. C'est le cas des PAC aérothermiques de type air-eau et de la quasi-totalité des PAC géothermiques. Dans cette catégorie des PAC sur vecteur eau se trouve également la technologie des PAC hybrides, qui combine une pompe à chaleur air-eau et une chaudière fossile conçue pour être vendue d'un bloc sous une seule

référence commerciale. Les PAC air-air sont, comme leur nom l'indique, sur vecteur air, ce qui signifie qu'elles utilisent une unité murale qui souffle de l'air chaud ou de l'air froid dans le cas des PAC réversibles. Aujourd'hui, les PAC air-air fonctionnent quasiment toutes en mode réversible et, dans les pays ou régions à climat chaud, la fonction de rafraîchissement est souvent le mode d'usage principal, voire quasi exclusif dans certains cas. Cette situation soulève des problèmes de comparaisons statistiques entre les différents marchés de l'Union européenne, d'autant plus que les PAC air-air réversibles sont essentiellement utilisées en mode chauffage dans les pays du nord de l'Europe, en Suède, au Danemark et en Finlande. Une dernière catégorie de PAC aérothermiques utilise l'air extrait (l'air vicié) des bâtiments comme source de chaleur; on parle alors de PAC sur air extrait. Le principal mode de diffusion est l'air mais il existe également des PAC sur air extrait sur vecteur eau. Ce type d'installation peut être utilisé comme un appoint de chauffage selon les besoins du bâtiment.

UN MARCHÉ DE PRÈS DE 6 MILLIONS DE PAC DANS L'UE

Le segment de marché des PAC air-eau a été en 2023 moins performant qu'en 2022. En cause, une série de facteurs convergents comme la forte baisse du prix du gaz sur les marchés de gros, un choc d'inflation, une hausse des taux d'intérêt qui entrave le marché de la construction neuve et, beaucoup plus préoccupant, la mise en place par plusieurs nouveaux gouvernements européens de politiques et d'aides publiques moins incitatives pour les appareils de chauffage renouvelable. Les ventes de PAC air-air réversibles ont beaucoup mieux résisté en 2023 et représentent toujours la plus grande part des ventes à l'échelle de l'Union européenne, que ce soit pour le chauffage des locaux en hiver ou pour faire face aux épisodes caniculaires de plus en plus étouffants dans une large partie de l'Europe. Selon EurObserv'ER, quelque 5,9 millions de pompes à chaleur ont été vendues durant l'année 2023 dans l'Union européenne contre un peu moins de 6 millions

en 2022, toutes gammes de puissance et toutes technologies confondues (aérothermiques, géothermiques, hydrothermiques, sur vecteur air ou sur vecteur eau), soit une légère baisse de 1,1 % par rapport à 2022. Ce chiffre de marché est à prendre au sens large car il comprend toutes les technologies thermodynamiques susceptibles de produire de la chaleur pour le chauffage des bâtiments, incluant les pompes à chaleur réversibles (capables de produire de la chaleur ou du froid selon la demande) dont l'usage principal est le rafraîchissement. Ce point est important à préciser car le marché des PAC dont la fonction principale est le chauffage est plus restreint, estimé en Europe par l'Ehpa (European Heat Pump Association) à 3 millions d'unités vendues en 2023, en baisse de 6,5 % par rapport à 2022 (3,2 millions de PAC vendues en 2022). La méthodologie utilisée par EurObserv'ER est différente de celle de l'Ehpa, avec une prise en compte plus large des PAC réversibles principalement utilisées pour répondre aux besoins estivaux de rafraîchissement. Cette prise en compte plus



large, qui est également celle des offices statistiques nationaux en charge de la comptabilité énergie renouvelable, se justifie par la contribution de ces machines à la production d'énergie renouvelable dans les objectifs de l'Union européenne, à la fois pour le chauffage et le rafraîchissement, sous réserve de leur éligibilité compte tenu de leurs critères de performance. La production d'énergie renouvelable ↘



1

Marché de la pompe à chaleur aérothermique de l'Union européenne en 2022 et 2023* (nombre d'unités vendues)

| | 2022 | | | | 2023 | | | |
|-----------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| | PAC aérothermiques | dont PAC air-air | dont PAC air-eau | dont PAC sur air extrait | PAC aérothermiques | dont PAC air-air | dont PAC air-eau | dont PAC sur air extrait |
| Italie | 2 200 957 | 1 911 912 | 289 045 | 0 | 1 947 309 | 1 835 290 | 112 019 | 0 |
| France | 1 163 679 | 808 206 | 355 473 | 0 | 1 216 954 | 910 420 | 306 534 | 0 |
| Espagne | 414 396 | 357 796 | 56 600 | 0 | 527 905 | 465 713 | 62 192 | 0 |
| Pays-Bas | 398 011 | 304 031 | 93 980 | 0 | 451 385 | 305 086 | 133 799 | 12 500 |
| Allemagne | 242 059 | 0 | 205 702 | 36 357 | 412 788 | 0 | 330 358 | 82 430 |
| Portugal | 332 300 | 331 982 | 318 | 0 | 355 775 | 355 295 | 480 | 0 |
| Suède | 187 213 | 150 000 | 19 162 | 18 051 | 160 623 | 113 500 | 21 289 | 25 834 |
| Pologne | 208 574 | 20 374 | 188 160 | 40 | 110 840 | 0 | 110 800 | 40 |
| Finlande | 184 587 | 161 920 | 19 035 | 3 632 | 105 258 | 90 866 | 11 715 | 2 677 |
| Hongrie | 99 127 | 87 659 | 11 468 | 0 | 74 347 | 65 745 | 8 602 | 0 |
| Malte | 60 796 | 60 796 | 0 | 0 | 60 796 | 60 796 | 0 | 0 |
| Danemark | 83 720 | 48 472 | 34 975 | 273 | 53 395 | 32 456 | 20 803 | 136 |
| Tchéquie | 57 644 | 0 | 57 524 | 120 | 52 924 | 0 | 52 898 | 26 |
| Slovénie | 38 200 | 30 400 | 7 800 | 0 | 44 100 | 31 400 | 12 700 | 0 |
| Belgique | 23 754 | 0 | 23 754 | 0 | 40 527 | 0 | 40 527 | 0 |
| Autriche | 44 645 | 1 201 | 43 444 | 0 | 39 613 | 2 047 | 37 566 | 0 |
| Irlande | 25 288 | 6 397 | 17 554 | 1 337 | 31 645 | 156 | 26 943 | 4 546 |
| Lituanie | 14 866 | 8 907 | 5 959 | 0 | 28 280 | 18 450 | 9 830 | 0 |
| Grèce | 30 519 | 30 519 | 0 | 0 | 21 966 | 21 966 | 0 | 0 |
| Estonie | 19 575 | 13 902 | 5 636 | 37 | 17 500 | 12 000 | 5 500 | 0 |
| Slovaquie | 12 774 | 1 219 | 11 555 | 0 | 11 383 | 1 602 | 9 771 | 10 |
| Luxembourg | 303 | 0 | 303 | 0 | 303 | 0 | 303 | 0 |
| Total UE | 5 842 987 | 4 335 693 | 1 447 447 | 59 847 | 5 765 616 | 4 322 788 | 1 314 629 | 128 199 |

Remarque: Les données du marché des pompes à chaleur air-air pour l'Italie, la France, l'Espagne, le Portugal et Malte ne sont pas directement comparables aux autres, car elles incluent une part élevée de pompes à chaleur réversibles dont la fonction principale est le refroidissement. Seules les pompes à chaleur répondant aux critères de rendement (facteur de performance saisonnier) définis par la directive 2018/2001 (UE) sont prises en compte. Les données de marché pour la Roumanie, la Bulgarie, la Lettonie, la Croatie et Chypre n'étaient pas disponibles lors de notre étude. ** Estimation. Source: EurObserv'ER

2

Marché de la pompe à chaleur géothermique* de l'Union européenne en 2022 et 2023** (nombre d'unités vendues)

| | 2022 | 2023 |
|-----------------|----------------|----------------|
| Suède | 28 160 | 35 470 |
| Pays-Bas | 22 693 | 26 563 |
| Allemagne | 25 320 | 24 979 |
| Finlande | 11 772 | 11 728 |
| Pologne | 7 200 | 8 100 |
| Belgique | 5 922 | 7 331 |
| Autriche | 5 748 | 5 911 |
| Danemark | 5 113 | 3 646 |
| France | 2 972 | 3 517 |
| Tchéquie | 2 419 | 2 696 |
| Estonie | 2 191 | 2 500 |
| Slovénie | 1 248 | 1 355 |
| Italie | 625 | 781 |
| Lituanie | 710 | 670 |
| Espagne | 246 | 531 |
| Grèce | 356 | 356 |
| Slovaquie | 319 | 260 |
| Irlande | 190 | 243 |
| Luxembourg | 199 | 199 |
| Portugal | 82 | 78 |
| Total UE | 123 485 | 136 914 |

* Pompes à chaleur hydrothermiques incluses. Remarque: Les données de marché pour la Roumanie, la Bulgarie, la Lettonie, Chypre, la Croatie et Malte n'étaient pas disponibles lors de notre étude. ** Estimation. Source: EurObserv'ER



3

Nombre total de pompes à chaleur en fonctionnement en 2022 et 2023 dans l'Union européenne*

| | 2022 | | | 2023 | | |
|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | PAC aérothermiques | PAC géothermiques | Total | PAC aérothermiques | PAC géothermiques | Total |
| Italie | 20831 000 | 17 723 | 20 848 723 | 20 900 000 | 18 300 | 20 918 300 |
| France | 9 548 000 | 169 800 | 9 717 800 | 10 500 000 | 166 000 | 10 666 000 |
| Espagne | 5 410 730 | 4 062 | 5 414 792 | 5 938 635 | 4 593 | 5 943 228 |
| Portugal | 2 326 400 | 1 187 | 2 327 587 | 2 586 418 | 1 265 | 2 587 683 |
| Suède | 1 767 110 | 560 997 | 2 328 107 | 1 897 595 | 564 903 | 2 462 498 |
| Pays-Bas | 1 760 665 | 125 374 | 1 886 039 | 2 196 295 | 147 837 | 2 344 132 |
| Allemagne | 1 216 249 | 449 742 | 1 665 991 | 1 611 551 | 471 103 | 2 082 654 |
| Finlande | 1 234 715 | 157 896 | 1 392 611 | 1 339 973 | 169 624 | 1 509 597 |
| Danemark | 585 783 | 82 316 | 668 099 | 655 279 | 87 092 | 742 371 |
| Belgique | 631 035 | 28 524 | 659 559 | 671 562 | 35 855 | 707 417 |
| Pologne | 466 032 | 78 989 | 545 021 | 576 872 | 87 089 | 663 961 |
| Grèce | 607 017 | 4 234 | 611 251 | 628 983 | 4 590 | 633 573 |
| Malte | 535 000 | 0 | 535 000 | 595 796 | 0 | 595 796 |
| Autriche | 232 575 | 118 070 | 350 644 | 271 077 | 120 419 | 391 496 |
| Slovénie | 308 600 | 16 014 | 324 614 | 337 000 | 17 370 | 354 370 |
| Bulgarie | 349 667 | 4 695 | 354 362 | 349 667 | 4 695 | 354 362 |
| Tchéquie | 266 808 | 31 812 | 298 620 | 319 732 | 34 508 | 354 240 |
| Estonie | 214 750 | 23 757 | 238 507 | 232 250 | 26 257 | 258 507 |
| Slovaquie | 231 412 | 4 773 | 236 185 | 242 795 | 5 033 | 247 828 |
| Hongrie | 124 251 | 4 419 | 128 670 | 198 598 | 4 419 | 203 017 |
| Irlande | 101 409 | 5 418 | 106 827 | 133 054 | 5 661 | 138 715 |
| Lituanie | 45 600 | 24 800 | 70 400 | 73 880 | 25 470 | 99 350 |
| Luxembourg | 3 095 | 1 596 | 4 691 | 3 398 | 1 795 | 5 193 |
| Total UE | 48 797 903 | 1 916 198 | 50 714 100 | 52 260 410 | 2 003 878 | 54 264 288 |

Remarque: Les données des marchés italien, français, espagnol, portugais et maltais des pompes à chaleur aérothermiques ne sont pas directement comparables aux autres, car elles incluent une grande partie des pompes à chaleur réversibles dont la fonction principale est le refroidissement. Seules les pompes à chaleur répondant aux critères de rendement (facteur de performance saisonnier) définis par la directive 2018/2001 (UE) sont prises en compte. * Estimation. Source: EuroObserv'ER

utilisée pour le rafraîchissement et les réseaux de froid est d'ailleurs bien mieux comptabilisée depuis que la Commission a défini une méthode de calcul spécifique (règlement délégué 3022/759 du 14 décembre 2021). Les chiffres publiés dans les tableaux 1 et 2 sont avant tout représentatifs des marchés résidentiels et tertiaires (représentant une gamme de puissance allant de quelques kilowatts à quelques dizaines de kilowatts), le marché des PAC de moyenne et de grande puissance étant beaucoup plus limité. Il convient cependant de préciser que tous les types de PAC ne produisent pas la même quantité d'énergie renouvelable. Leur production dépend entre autres de la source d'énergie thermique utilisée (sol, eau, air), du mode d'utilisation (chaleur ou refroidissement), de la durée d'utilisation et de la zone climatique dans laquelle les PAC sont installées. De plus, la puissance unitaire des PAC air-air est généralement beaucoup plus faible que celle des PAC sur vecteur eau. Une PAC de type air-air réversible de faible puissance installée dans une zone climatique chaude essentiellement utilisée à des fins de rafraîchissement produira beaucoup moins de chaleur renouvelable qu'une PAC géothermique ou air-eau installée en Finlande ou en Suède.

LES PAC SUR VECTEUR AIR DOMINENT LE MARCHÉ EUROPÉEN

Les PAC aérothermiques réversibles de type air-air représentent toujours l'essentiel des ventes sur le marché européen avec, selon EuroObserv'ER, de l'ordre de 4,3 millions d'appareils vendus en 2023, un volume de vente du même

ordre qu'en 2022. L'Italie demeure le plus grand marché de l'Union européenne avec plus de 1,8 million de systèmes air-air vendus en 2023. Le marché des PAC aérothermiques sur vecteur eau (PAC air-eau) répond quant à lui spécifiquement aux besoins de chauffage, même si la plupart des appareils disposent d'un mode rafraîchissement. Après une année exceptionnelle en 2022, qui avait vu une augmentation du volume des ventes de 71,8 % à près de 1,5 million d'unités (1,45 million), le marché 2023 de l'Union européenne est en baisse de 9,2 % avec un peu plus de 1,3 million de PAC air-eau vendues. Cette baisse est essentiellement imputable à de moindres performances des marchés italien (- 61,2 % entre 2023 et 2022), français (- 13,8 %), polonais (- 41,1 %), finlandais (- 38,5 %) et danois (- 40,5 %) qui avaient très fortement augmenté en 2022. Des baisses qui n'ont pas pu être compensées par une dynamique positive des marchés allemand (+ 60,6 %), néerlandais (+ 42,4 %) et belge (+ 70,6 %).

À une moindre échelle, le marché des PAC géothermiques, également sur vecteur eau, répond aussi spécifiquement aux besoins de chauffage. La croissance de ce marché est restée positive à l'échelle de l'Union européenne. Entre 2022 et 2023, le nombre d'unités de PAC géothermiques et hydrothermiques a augmenté de l'ordre de 10,9 % pour atteindre 136 914 unités vendues en 2023. La Suède, l'Allemagne, les Pays-Bas, la Finlande et la Pologne sont les plus gros marchés de l'Union européenne. Dans son ensemble, le volume de vente des PAC sur vecteur eau (aérothermiques de type air-eau, géo-

thermiques et hydrothermiques) était de l'ordre de 1,5 million d'unités (1 451 543 systèmes), en baisse de 7,6 % par rapport à 2022.

UN PARC EUROPÉEN DE L'ORDRE DE 54,2 MILLIONS DE PAC

Exercice délicat, l'estimation du parc des PAC en service dépend des hypothèses de déclassement prises en compte pour chaque pays et de la disponibilité des statistiques fournies par les États membres ou les associations des industriels de la PAC. Selon EuroObserv'ER, le parc cumulé des PAC installées dans les pays de l'Union européenne serait de l'ordre de 54,3 millions d'appareils (52,3 millions de PAC aérothermiques et 2 millions de PAC géothermiques) fin 2023. Ce chiffre n'est pas représentatif des seuls usages liés au chauffage, mais des usages de refroidissement et de chauffage, dans la mesure où les coefficients de performance des systèmes respectent les critères définis par la directive énergies renouvelables. Dans son rapport de 2024 « European Heat Pump Market and Statistics », l'Ehpa, qui a une approche plus restrictive de la pompe à chaleur, estime que le parc européen total en opération des PAC assurant une fonction principale de chauffage (bâtiment et eau chaude sanitaire) était en 2023 de l'ordre de 24 millions (23,96 millions, inclus Norvège, Royaume-Uni et Suisse). Avec environ 115 à 120 millions de bâtiments en Europe, le taux d'équipement du parc immobilier par des PAC comme mode de chauffage principal serait de l'ordre de 20 %. Les PAC sont non seulement identifiées comme une



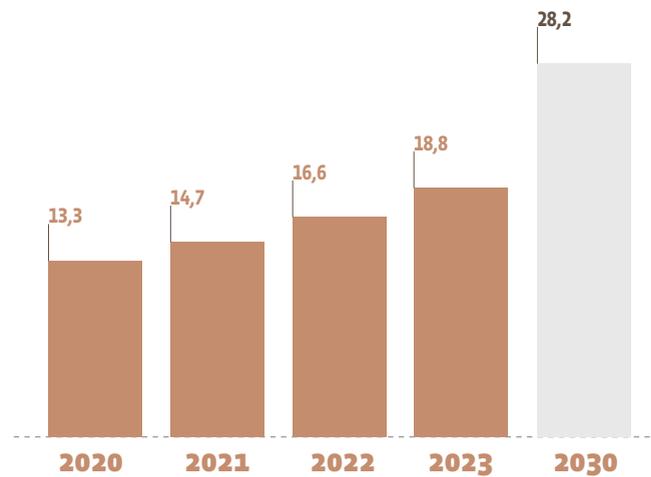
technologie clé susceptible de décarboner le secteur des bâtiments, mais elles sont déjà l'une des technologies qui contribuent le plus à l'augmentation de la production d'énergie renouvelable. Selon l'outil Shares d'Eurostat, la contribution totale des PAC dans l'UE à 27 pour le chauffage renouvelable a été estimée à 18,8 Mtep, soit 2,2 Mtep de plus par rapport à 2022. En 2023, les PAC aérothermiques et hydrothermiques ont représenté une production d'énergie renouvelable de 15,9 Mtep comparé à 2,8 Mtep pour les PAC géothermiques. Fait marquant, depuis 2022, la production d'énergie renouvelable des PAC destinées au chauffage devance la production d'énergie renouvelable issue des réseaux de chaleur (chaleur dérivée). En 2023, l'énergie issue des PAC représentait 16,9 % du total de la chaleur et du refroidissement renouvelables (14,9 % en 2022). La production d'énergie renouvelable pour le froid et le rafraîchissement est estimée par Shares à 859 ktep en 2023 (852,7 ktep en 2022).

PREMIERS SIGNAUX NÉGATIFS SUR LES AMBITIONS EUROPÉENNES

Le ralentissement des ventes observé depuis le second semestre 2023 s'est malheureusement poursuivi en 2024, avec comme conséquence une drastique restructuration de la filière européenne des PAC (fermetures d'usines et de lignes de production). Une baisse qui s'explique par la remise en cause de certaines aides avec l'arrivée au pouvoir de nouvelles forces politiques, des divergences au niveau des coalitions politiques nationales,

4

Projection EurObserv'ER de l'énergie renouvelable* provenant des PAC dans l'Union européenne à 27 (en Mtep)



Les résultats de 2020 tiennent compte des dispositions de calcul spécifiques en place dans la directive 2009/28/CE, tandis que les résultats pour 2021 suivent la directive (UE) 2018/2001. Source: Eurostat Shares

mais également par une forte augmentation du prix de l'électricité en Europe et une décline du prix du gaz sur les marchés.

Les planètes semblaient pourtant être alignées pour une croissance durable, continue et forte des ventes de pompes à chaleur avec une vision politique claire des institutions européennes sur le rôle prioritaire de cette technologie pour décarboner efficacement les bâtiments, l'industrie et les réseaux de chaleur locaux et pour atteindre les objectifs du paquet « ajustement à l'objectif 55 » (Fit for 55) pour 2030 et de REPowerEU. Cette technologie fait également partie de celles jugées stratégiques dans le règlement pour l'industrie zéro net (Net-Zero Industry Act, NZIA), qui vise à stimuler la production européenne de technologies vertes.

Pour atteindre ces objectifs, il faudrait compter, selon l'analyse d'impact de la Commission européenne pour son objectif climatique 2040 (modélisation énergétique Primes), environ 60 millions de pompes à chaleur ayant pour vocation principale le chauffage des locaux d'ici 2030. Cela signifie tripler le nombre de ces pompes à chaleur en Europe en sept ans. Pour ce faire, à l'image du Plan d'action sur l'énergie solaire et du Plan d'action de l'éolien, la Commission européenne avait imaginé dès 2023 un Plan d'action pompes à chaleur, plan stratégique précisant les modalités d'une accélération du déploiement de cette technologie sur le marché européen. Ce plan d'action avait pour objet de permettre une accélération du déploiement des pompes à chaleur, à travers des mesures de

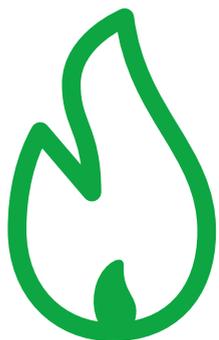
5

Production primaire de la chaleur ambiante (pompes à chaleur) pour le chauffage selon la directive énergies renouvelables (EU) 2018/2001 (en ktep)

| | 2022 | 2023 |
|--------------|-----------------|-----------------|
| France | 4 121,2 | 4 564,0 |
| Italie | 2 744,2 | 2 843,2 |
| Allemagne | 1 705,8 | 2 048,7 |
| Suède | 1 620,5 | 1 625,8 |
| Espagne | 1 211,2 | 1 345,7 |
| Portugal | 850,3 | 884,5 |
| Finlande | 649,6 | 705,4 |
| Pologne | 519,7 | 617,0 |
| Pays-Bas | 481,9 | 609,6 |
| Autriche | 486,3 | 568,4 |
| Grèce | 462,9 | 489,4 |
| Tchéquie | 386,3 | 462,7 |
| Roumanie | 0,0 | 449,6 |
| Danemark | 378,2 | 425,6 |
| Belgique | 245,3 | 285,2 |
| Bulgarie | 153,9 | 169,5 |
| Estonie | 113,5 | 142,3 |
| Slovaquie | 86,3 | 113,6 |
| Irlande | 80,6 | 95,9 |
| Lituanie | 63,3 | 82,3 |
| Hongrie | 53,1 | 69,5 |
| Slovénie | 60,0 | 64,5 |
| Chypre | 48,6 | 49,1 |
| Malte | 18,7 | 20,7 |
| Croatie | 14,1 | 15,7 |
| Luxembourg | 5,4 | 6,3 |
| Lettonie | 0,0 | 0,0 |
| UE 27 | 16 560,9 | 18 754,2 |

Source: Eurostat

soutien financier, d'incitation à la décarbonation et de renforcement des chaînes d'approvisionnement. Mais surtout, il devait apporter une sûreté réglementaire au secteur ainsi qu'un signal politique fort, et renouvelé, en faveur de cette technologie. Une consultation publique avait été lancée en avril 2023 avec un objectif de publication en fin d'année. Malheureusement, en fin d'année, la publication de ce plan d'action a été retirée de l'agenda et reportée après les élections européennes et la reprise en main de ces sujets par la nouvelle Commission européenne. La raison de cet abandon serait liée à une absence d'accord sur la question de savoir s'il fallait ou non rendre obligatoire l'installation de PAC. Le 14 mai 2024, une quinzaine de pays de l'UE, dont la France, l'Espagne, le Danemark (l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Italie étant non signataires) avaient pourtant demandé à la Commission, via une communication informelle (joint non-paper), la publication rapide d'un Plan pompe à chaleur rappelant que le secteur du chauffage et du refroidissement avait un rôle significatif à jouer pour atteindre les objectifs climatiques de 2040 de l'Union européenne, et mettant en avant le rôle indispensable de l'électrification des besoins de chaleur. Le processus semble enfin relancé. La Commission européenne travaille actuellement sur un Plan d'action d'électrification (Electrification Action Plan) actuellement prévu pour le premier trimestre 2026; et, le 30 janvier 2025, la Commission a organisé la première réunion de la Plateforme d'accélération des pompes à chaleur visant à élaborer un plan pour relancer le marché européen. ■



BIOGAZ

La méthanisation est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique dans un milieu sans oxygène due à l'action de multiples micro-organismes. Le biogaz provenant de la fermentation anaérobie est décomposé en trois sous-filières segmentées selon l'origine et le traitement des déchets. Il comprend le biogaz des installations de stockage de déchets non dangereux (biogaz de décharge), la méthanisation de boues de stations d'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles (gaz de digestion des boues) et la méthanisation de déchets non dangereux ou de matières végétales brutes (catégorie « autres biogaz »). Cette catégorie « autres biogaz » est très large et regroupe différentes typologies d'installations. Elle inclut les petites unités de méthanisation agricoles, qui méthanisent essentiellement des matières agricoles issues des exploitations, et les unités de méthanisation territoriales agricoles ou industrielles de taille plus importante. Ces unités dites de codigestion sont capables de méthaniser un mélange de différents types d'intrants (déchets

agricoles, déchets de l'industrie agroalimentaire, déchets verts...). La catégorie « autres biogaz » inclut également les unités de méthanisation de déchets ménagers et biodéchets qui méthanisent les biodéchets collectés sélectivement ou traitent la fraction organique des ordures ménagères triées en usine. Le biogaz de décharge est, quant à lui, produit naturellement dans les centres de stockage de déchets non dangereux (ISDND) par la décomposition de la fraction organique de ces déchets; il est récupéré via des réseaux de captage. Ce n'est donc pas un biogaz dit de méthanisation, car il n'est pas produit à l'aide d'un digesteur (aussi appelé méthaniseur). Une quatrième filière biogaz fait également l'objet d'un suivi dans les nomenclatures internationales. Le biogaz est cette fois issu d'un processus de traitement thermique (« biogaz provenant de procédés thermiques ») par gazéification thermique de la biomasse solide (bois, résidus forestiers, déchets ménagers solides et fermentescibles) ou par gazéification hydrothermale de biomasse liquide. Ces procédés

permettent la production d'un gaz de synthèse riche en méthane qui, une fois épuré, donne du biométhane.

Le biogaz peut être valorisé tel quel dans des unités de production adaptées capables de fonctionner avec un gaz faible en méthane (entre 50 et 75 %, selon les sources de production) ou préalablement « lavé » pour être transformé en biométhane, un gaz composé à plus de 97 % de méthane similaire au gaz naturel fossile. Ce biogaz (ou biométhane) pourra ensuite être directement valorisé localement sous forme d'électricité (en cogénération), de chaleur, de carburant pour véhicules. Alternativement, quand l'accessibilité au réseau de gaz naturel est économiquement envisageable, le biométhane peut être injecté dans le réseau de gaz naturel après avoir été préalablement odorisé à l'aide de THT (tétrahydrothiophène). Son utilisation pourra ainsi être différée et éloignée de son lieu de production. Cette solution présente un meilleur rendement énergétique, avec 80 % de l'énergie primaire valorisée (contre 40 à 55 % pour la cogénération). ↘





1

Production d'énergie primaire de biogaz de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | | | 2023 | | | | |
|--------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|
| | Biogaz de décharge | Biogaz de digestion des boues | Autres biogaz provenant de fermentation anaérobie | Biogaz de procédés thermiques | Total | Biogaz de décharge | Biogaz de digestion des boues | Autres biogaz provenant de fermentation anaérobie | Biogaz de procédés thermiques | Total |
| Allemagne | 100,7 | 466,7 | 7 527,3 | 0,0 | 8 094,7 | 94,5 | 463,2 | 7 185,4 | 0,0 | 7 743,1 |
| Italie | 252,9 | 47,1 | 1 765,7 | 5,8 | 2 071,5 | 239,1 | 76,4 | 1 690,8 | 5,7 | 2 012,0 |
| France | 395,2 | 57,7 | 1 170,7 | 0,0 | 1 623,6 | 408,8 | 71,2 | 1 410,0 | 0,0 | 1 890,0 |
| Danemark | 3,1 | 28,3 | 660,0 | 0,0 | 691,4 | 2,8 | 28,0 | 727,3 | 0,0 | 758,1 |
| Tchéquie | 19,0 | 43,7 | 535,7 | 0,0 | 598,4 | 18,2 | 45,0 | 534,3 | 0,0 | 597,5 |
| Pays-Bas | 10,3 | 63,1 | 360,6 | 0,0 | 434,1 | 9,9 | 69,1 | 369,0 | 0,0 | 448,0 |
| Pologne | 52,1 | 129,4 | 171,2 | 0,0 | 352,7 | 43,3 | 132,3 | 200,6 | 0,0 | 376,2 |
| Espagne | 154,5 | 98,9 | 78,8 | 1,1 | 333,3 | 154,1 | 100,2 | 82,0 | 5,5 | 341,8 |
| Belgique | 15,4 | 28,0 | 209,8 | 5,0 | 258,1 | 15,0 | 23,1 | 219,7 | 3,4 | 261,2 |
| Autriche | 2,2 | 52,7 | 122,9 | 0,0 | 177,8 | 2,2 | 55,4 | 131,2 | 0,0 | 188,9 |
| Finlande | 10,9 | 16,9 | 42,8 | 105,3 | 175,8 | 8,9 | 16,4 | 44,6 | 115,2 | 185,2 |
| Suède | 5,1 | 71,8 | 99,9 | 0,0 | 176,7 | 4,5 | 70,1 | 103,3 | 0,0 | 177,9 |
| Grèce | 45,2 | 18,3 | 81,8 | 0,0 | 145,3 | 49,0 | 19,4 | 94,4 | 0,0 | 162,7 |
| Slovaquie | 6,0 | 6,8 | 90,1 | 0,0 | 102,8 | 5,3 | 8,0 | 93,2 | 0,0 | 106,5 |
| Portugal | 63,2 | 8,2 | 15,2 | 0,0 | 86,6 | 63,0 | 7,6 | 24,7 | 0,0 | 95,3 |
| Hongrie | 6,9 | 32,8 | 57,1 | 0,0 | 96,8 | 6,9 | 31,7 | 55,9 | 0,0 | 94,5 |
| Croatie | 7,0 | 3,8 | 80,0 | 0,0 | 90,7 | 7,0 | 3,4 | 70,4 | 0,0 | 80,7 |
| Irlande | 25,8 | 9,5 | 17,7 | 0,0 | 53,0 | 24,5 | 8,9 | 18,2 | 0,0 | 51,6 |
| Bulgarie | 0,0 | 5,4 | 44,7 | 0,0 | 50,1 | 0,0 | 5,5 | 39,7 | 0,0 | 45,2 |
| Lettonie | 6,9 | 1,5 | 47,1 | 0,0 | 55,5 | 6,4 | 1,9 | 34,7 | 0,0 | 42,9 |
| Lituanie | 5,5 | 8,2 | 28,1 | 0,0 | 41,8 | 3,3 | 8,1 | 27,8 | 0,0 | 39,1 |
| Slovénie | 1,3 | 1,2 | 21,9 | 0,0 | 24,5 | 1,0 | 1,1 | 20,8 | 0,0 | 22,9 |
| Estonie | 1,0 | 5,0 | 12,1 | 0,0 | 18,2 | 0,6 | 3,8 | 17,0 | 0,0 | 21,4 |
| Roumanie | 0,0 | 0,0 | 26,3 | 0,0 | 26,3 | 0,0 | 0,0 | 18,3 | 0,0 | 18,3 |
| Luxembourg | 0,0 | 1,8 | 17,3 | 0,0 | 19,1 | 0,0 | 1,2 | 12,3 | 0,0 | 13,5 |
| Chypre | 0,3 | 0,9 | 11,2 | 0,0 | 12,4 | 0,0 | 1,1 | 11,0 | 0,0 | 12,1 |
| Malte | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 2,0 | 0,4 | 1,1 | 1,2 | 0,0 | 2,6 |
| UE 27 | 1 190,4 | 1 207,7 | 13 297,7 | 117,1 | 15 813,0 | 1 168,5 | 1 253,5 | 13 237,6 | 129,8 | 15 789,4 |

Source: Eurostat

Ce biométhane sera ensuite valorisé de la même façon que peut l'être le gaz provenant du réseau, sous forme d'électricité dans les centrales à gaz ou de cogénération, de chaleur issue du secteur de la transformation (réseau de chaleur, par exemple), ou directement consommé par l'utilisateur final comme l'industrie (chaleur process, froid) et les ménages (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson...). Il pourra aussi servir de carburant pour les véhicules fonctionnant au gaz naturel.

PRÈS DE 16 MTEP DE BIOGAZ PRODUITS DANS L'UE

Le conflit russo-ukrainien, qui dure déjà depuis 3 ans, a renforcé l'urgence d'accélérer l'autonomie énergétique de l'Union européenne, conférant à la filière biogaz européenne un rôle stratégique de premier plan. Cependant, la mise en œuvre du volet biogaz de plan REPowerEU, plan lancé en mai 2022 par l'Union européenne, n'a pas encore pleinement produit ses effets. Les producteurs européens et les industriels de la filière biogaz sont à l'œuvre mais expliquent qu'ils auront besoin de temps pour augmenter significativement leur production, le temps pour obtenir les autorisations administratives et construire des unités de production. Pour rappel, ce plan a été mis en œuvre afin de protéger les citoyens et les entreprises de l'UE des pénuries d'énergie, d'accélérer la transition vers une énergie propre et d'assécher les achats européens d'hydrocarbures russes.

À l'échelle de l'Union européenne, la production d'énergie primaire issue de biogaz ↘



2

Production brute d'électricité à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en GWh)

| | 2022 | | | | 2023 | | | |
|--------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| | Électricité seule | Cogénération | Total biogaz pur | Biogaz mélangé au réseau* | Électricité seule | Cogénération | Total biogaz pur | Biogaz mélangé au réseau* |
| Allemagne | 7 691,0 | 24 526,0 | 32 217,0 | 3 098,0 | 6 608,0 | 23 494,0 | 30 102,0 | 3 120,0 |
| Italie | 2 403,1 | 5 441,0 | 7 844,1 | 0,0 | 2 080,5 | 5 403,2 | 7 483,8 | 0,0 |
| France | 304,3 | 2 695,3 | 2 999,6 | 727,9 | 458,4 | 2 630,8 | 3 089,2 | 704,2 |
| Tchéquie | 37,2 | 2 579,3 | 2 616,5 | 0,7 | 43,9 | 2 557,9 | 2 601,8 | 1,5 |
| Pologne | 0,0 | 1 394,2 | 1 394,2 | 0,0 | 0,0 | 1 482,4 | 1 482,4 | 0,0 |
| Espagne | 718,0 | 272,0 | 990,0 | 69,6 | 680,0 | 329,0 | 1 009,0 | 93,6 |
| Pays-Bas | 13,9 | 826,2 | 840,0 | 302,9 | 16,2 | 683,3 | 699,5 | 398,5 |
| Belgique | 56,7 | 955,2 | 1 011,9 | 20,7 | 54,3 | 992,7 | 1 047,0 | 1,5 |
| Danemark | 1,6 | 572,7 | 574,3 | 269,1 | 1,2 | 520,4 | 521,6 | 302,6 |
| Autriche | 542,1 | 121,4 | 663,4 | 16,7 | 545,4 | 128,4 | 673,7 | 13,2 |
| Grèce | 68,6 | 448,2 | 516,8 | 0,0 | 66,9 | 533,2 | 600,1 | 0,0 |
| Slovaquie | 74,0 | 317,0 | 391,0 | 0,0 | 58,0 | 348,0 | 406,0 | 0,0 |
| Croatie | 37,0 | 372,2 | 409,2 | 0,0 | 33,4 | 307,3 | 340,7 | 0,0 |
| Hongrie | 37,0 | 278,0 | 315,0 | 5,0 | 55,0 | 265,0 | 320,0 | 8,3 |
| Portugal | 238,4 | 21,3 | 259,8 | 0,0 | 228,5 | 22,8 | 251,3 | 13,4 |
| Finlande | 2,2 | 262,5 | 264,7 | 10,4 | 1,5 | 257,4 | 258,9 | 5,6 |
| Lettonie | 0,0 | 249,6 | 249,6 | 0,0 | 0,0 | 181,4 | 181,4 | 0,0 |
| Bulgarie | 45,9 | 144,9 | 190,9 | 0,0 | 36,6 | 129,2 | 165,8 | 0,0 |
| Irlande | 100,5 | 58,6 | 159,1 | 2,2 | 95,7 | 53,9 | 149,6 | 11,1 |
| Lituanie | 0,0 | 158,7 | 158,7 | 0,0 | 0,0 | 116,3 | 116,3 | 0,0 |
| Slovénie | 1,1 | 99,1 | 100,2 | 0,0 | 0,4 | 93,1 | 93,5 | 0,0 |
| Roumanie | 24,1 | 66,1 | 90,2 | 0,0 | 16,4 | 49,2 | 65,7 | 0,0 |
| Chypre | 0,0 | 57,8 | 57,8 | 0,0 | 0,0 | 53,9 | 53,9 | 0,0 |
| Luxembourg | 0,0 | 48,8 | 48,8 | 0,7 | 0,0 | 42,9 | 42,9 | 0,6 |
| Suède | 0,0 | 12,0 | 12,0 | 6,6 | 0,0 | 14,0 | 14,0 | 6,9 |
| Malte | 0,0 | 7,4 | 7,4 | 0,0 | 0,0 | 9,6 | 9,6 | 0,0 |
| Estonie | 0,0 | 5,6 | 5,6 | 1,4 | 0,0 | 3,3 | 3,3 | 0,8 |
| Total EU 27 | 12 396,8 | 41 991,2 | 54 388,0 | 4 531,9 | 11 080,5 | 40 702,5 | 51 783,0 | 4 681,8 |

Note: Le rang de ce tableau est basé sur la production d'électricité cumulée du biogaz utilisé pur ou mélangé dans le réseau de gaz naturel.
 * Biogaz mélangé et biogaz injecté dans le réseau attribués sur la base de certificats de durabilité. Source: Eurostat

est, selon Eurostat, restée stable entre 2022 et 2023 à 15,8 Mtep (- 0,1 %, soit 23,6 ktep de moins). Il y a très peu de changements également concernant la répartition entre les différents gisements de production. La catégorie « Autres biogaz de méthanisation » représentait en 2023 83,8 % de la production totale, suivie du biogaz de stations d'épuration (7,9 %), du biogaz de décharge (7,4 %) et du biogaz thermique (0,8 %).

Cette apparente stabilité cache cependant des variations dans la production à l'échelle nationale, à la hausse mais également à la baisse, qui à l'échelle de l'UE se sont annulées.

Selon Eurostat, la France et le Danemark ont de nouveau été les deux pays les plus dynamiques en matière de production d'énergie biogaz, confirmant la tendance de ces dernières années. La production de biogaz française a ainsi gagné 266,4 ktep en 2023 pour atteindre 1 890 ktep (+ 16,4 %), et la production de biogaz danoise, 66,6 ktep pour atteindre 758,1 ktep (+ 9,6 %). La tendance est également positive en Pologne (+ 23,5 ktep, en croissance de 6,7 %, pour un total de 376,2 ktep). À l'inverse, les deux premiers pays producteurs de biogaz de l'Union européenne ont vu leur production baisser en 2023. L'Allemagne a vu sa production diminuer de 4,3 % (- 351,6 ktep) à 7 743,1 ktep et, en Italie, la baisse a été de 2,9 % (- 59,5 ktep), soit une production d'énergie biogaz de 2 012 ktep. L'Allemagne et l'Italie représentaient en 2023 respectivement 49 % et 12,7 % de la production biogaz totale de l'Union européenne, suivies par la France (12 %). La baisse de



3

Production de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | | 2023 | | | |
|--------------------|---------------|--------------|------------------|---------------------------|---------------|--------------|------------------|---------------------------|
| | Chaleur seule | Cogénération | Total biogaz pur | Biogaz mélangé au réseau* | Chaleur seule | Cogénération | Total biogaz pur | Biogaz mélangé au réseau* |
| Allemagne | 11,2 | 284,5 | 295,6 | 196,0 | 10,5 | 282,0 | 292,5 | 183,3 |
| France | 1,4 | 94,7 | 96,1 | 24,2 | 2,0 | 108,1 | 110,1 | 34,9 |
| Danemark | 2,0 | 42,3 | 44,3 | 56,3 | 2,5 | 37,3 | 39,9 | 75,5 |
| Belgique | 0,0 | 19,9 | 19,9 | 0,3 | 0,0 | 25,6 | 25,6 | 0,0 |
| Finlande | 6,1 | 12,4 | 18,5 | 1,9 | 5,8 | 15,5 | 21,3 | 2,5 |
| Italie | 0,2 | 27,6 | 27,7 | 0,0 | 0,2 | 22,8 | 23,0 | 0,0 |
| Pologne | 1,6 | 20,3 | 22,0 | 0,0 | 1,0 | 21,8 | 22,8 | 0,0 |
| Tchéquie | 0,1 | 18,7 | 18,7 | 0,1 | 0,1 | 17,7 | 17,8 | 0,3 |
| Pays-Bas | 0,0 | 7,0 | 7,0 | 7,4 | 0,0 | 6,3 | 6,3 | 9,8 |
| Suède | 2,0 | 3,8 | 5,8 | 2,1 | 8,5 | 3,7 | 12,2 | 3,3 |
| Slovaquie | 0,2 | 11,2 | 11,4 | 0,0 | 0,3 | 14,3 | 14,5 | 0,0 |
| Croatie | 0,0 | 14,5 | 14,5 | 0,0 | 0,0 | 11,4 | 11,4 | 0,0 |
| Autriche | 1,0 | 5,7 | 6,6 | 1,0 | 1,2 | 7,6 | 8,9 | 1,0 |
| Lettonie | 0,3 | 15,1 | 15,4 | 0,0 | 0,6 | 8,7 | 9,3 | 0,0 |
| Hongrie | 0,0 | 2,7 | 2,7 | 0,4 | 0,0 | 3,5 | 3,5 | 0,8 |
| Roumanie | 1,3 | 3,4 | 4,6 | 0,0 | 1,0 | 2,3 | 3,4 | 0,0 |
| Estonie | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 2,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 3,3 |
| Slovénie | 0,0 | 3,6 | 3,6 | 0,0 | 0,0 | 3,1 | 3,1 | 0,0 |
| Luxembourg | 0,0 | 2,5 | 2,5 | 0,2 | 0,0 | 2,4 | 2,4 | 0,2 |
| Bulgarie | 0,0 | 4,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 2,5 | 0,0 |
| Lituanie | 0,0 | 2,6 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 2,0 | 0,0 |
| Chypre | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,9 | 0,0 |
| Portugal | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 |
| Irlande | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Grèce | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Espagne | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Malte | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total EU 27 | 27,4 | 597,6 | 625,0 | 292,0 | 33,8 | 599,6 | 633,4 | 315,1 |

Note: Le rang de ce tableau est basé sur le cumul de la production brute de chaleur à partir de biogaz utilisé pur ou mélangé dans le réseau de gaz naturel.
 * Biogaz mélangé et biogaz injecté dans le réseau attribués sur la base de certificats de durabilité. Source: Eurostat

la production allemande et italienne s'explique principalement par une diminution de la production d'électricité biogaz.

DES CHEMINS STATISTIQUES DIFFÉRENTS POUR LE SUIVI DE L'ÉNERGIE FINALE BIOGAZ

Disposer d'un suivi précis de la valorisation énergétique de la filière biogaz sur le plan de l'énergie finale est devenu plus compliqué depuis la montée en puissance de l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel. En effet, si la production d'énergie primaire biogaz prend bien en compte la production spécifique de la filière, la quantité de biométhane injectée dans le réseau (et donc mélangée au gaz fossile) est ensuite intégrée dans les indicateurs statistiques du gaz (pris en compte dans le questionnaire « Gaz naturel » d'Eurostat), qui ne font plus la distinction entre le gaz fossile et le gaz renouvelable au niveau de l'ensemble des usages finaux. Sauf information contraire des autorités statistiques nationales, les indicateurs de suivi classiques de l'énergie finale biogaz publiés par Eurostat correspondent uniquement à une utilisation de biogaz « pur », dans le sens de non mélangé à du gaz fossile. Pour ne pas perdre la trace de cette énergie finale « renouvelable » du biométhane injectée dans le réseau et permettre sa prise en compte dans les objectifs énergies renouvelables, l'outil Shares d'Eurostat (« Brève évaluation des sources d'énergie renouvelable »), donne la possibilité, dans une feuille de calcul dédiée, de répartir le biométhane mélangé dans le



4

Consommation d'énergie finale dans l'industrie et autres secteurs (excepté transport) à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en ktep)

| | 2022 | | 2023 | |
|--------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| | Biogaz pur | Biogaz mélangé au réseau* | Biogaz pur | Biogaz mélangé au réseau* |
| Allemagne | 1 289,8 | 199,0 | 1 237,0 | 227,3 |
| France | 256,7 | 387,8 | 333,7 | 525,1 |
| Danemark | 24,9 | 346,5 | 26,1 | 390,9 |
| Pays-Bas | 124,8 | 87,6 | 108,1 | 109,9 |
| Tchéquie | 152,7 | 0,8 | 153,4 | 1,7 |
| Espagne | 103,9 | 5,2 | 109,5 | 9,1 |
| Pologne | 105,7 | 0,0 | 106,5 | 0,0 |
| Belgique | 97,7 | 7,8 | 93,1 | 10,1 |
| Finlande | 90,1 | 6,5 | 96,9 | 4,4 |
| Suède | 51,3 | 17,3 | 55,1 | 13,4 |
| Italie | 64,4 | 0,0 | 56,4 | 0,0 |
| Autriche | 30,8 | 6,6 | 33,1 | 6,8 |
| Grèce | 35,1 | 0,0 | 30,5 | 0,0 |
| Portugal | 12,4 | 0,0 | 22,7 | 2,1 |
| Slovaquie | 19,6 | 0,0 | 21,7 | 0,0 |
| Hongrie | 22,7 | 2,9 | 16,2 | 5,1 |
| Irlande | 13,4 | 0,3 | 12,2 | 1,2 |
| Lituanie | 10,9 | 0,0 | 10,2 | 0,0 |
| Bulgarie | 9,9 | 0,0 | 10,0 | 0,0 |
| Estonie | 2,0 | 4,2 | 2,6 | 5,6 |
| Lettonie | 7,3 | 0,0 | 6,9 | 0,0 |
| Chypre | 4,8 | 0,0 | 5,1 | 0,0 |
| Luxembourg | 3,2 | 3,3 | 1,0 | 3,4 |
| Slovénie | 3,2 | 0,0 | 3,7 | 0,0 |
| Roumanie | 2,5 | 0,0 | 3,1 | 0,0 |
| Malte | 1,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| Croatie | 0,6 | 0,0 | 0,5 | 0,0 |
| Total EU 27 | 2 541,7 | 1 075,7 | 2 556,3 | 1 316,1 |

Note: Le rang de ce tableau est basé sur le cumul de la consommation d'énergie finale utilisée pure ou mélangée dans le réseau de gaz naturel, hors secteur des transports. * Biogaz mélangé et biogaz injecté dans le réseau attribués sur la base de certificats de durabilité. Source: Eurostat

Indicateurs énergétiques

5

Production d'électricité biogaz (pur et mélangé au réseau) dans l'Union européenne en 2023 avec la part conforme à la directive (EU) 2018/2001* (en GWh)

| | 2023 | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| | Biogaz (pur et mélangé au réseau) | Dont conforme | % conforme |
| Allemagne | 33 222,0 | 33 222,0 | 100,0 % |
| Italie | 7 483,8 | 5 156,2 | 68,9 % |
| France | 3 793,4 | 3 774,0 | 99,5 % |
| Tchéquie | 2 603,3 | 2 603,3 | 100,0 % |
| Pologne | 1 482,4 | 1 451,3 | 97,9 % |
| Espagne | 1 102,6 | 1 080,8 | 98,0 % |
| Pays-Bas | 1 098,0 | 368,2 | 33,5 % |
| Belgique | 1 048,5 | 1 048,5 | 100,0 % |
| Danemark | 824,2 | 824,2 | 100,0 % |
| Autriche | 686,9 | 661,5 | 96,3 % |
| Grèce | 600,1 | 600,1 | 100,0 % |
| Slovaquie | 406,0 | 406,0 | 100,0 % |
| Croatie | 340,7 | 340,7 | 100,0 % |
| Hongrie | 328,3 | 139,3 | 42,4 % |
| Portugal | 264,7 | 251,3 | 95,0 % |
| Finlande | 264,5 | 264,2 | 99,9 % |
| Lettonie | 181,4 | 52,4 | 28,9 % |
| Bulgarie | 165,8 | 113,6 | 68,5 % |
| Irlande | 160,7 | 115,8 | 72,1 % |
| Lituanie | 116,3 | 116,3 | 100,0 % |
| Slovénie | 93,5 | 93,5 | 100,0 % |
| Roumanie | 65,7 | 35,6 | 54,2 % |
| Chypre | 53,9 | 53,9 | 100,0 % |
| Luxembourg | 43,5 | 43,5 | 100,0 % |
| Suède | 20,9 | 20,8 | 99,5 % |
| Malte | 9,6 | 9,6 | 99,9 % |
| Estonie | 4,1 | 3,3 | 80,2 % |
| Total EU 27 | 56 464,8 | 52 849,8 | 93,6 % |

* Conforme avec les critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source: D'après Shares Eurostat

réseau entre les différents modes de valorisation énergétique de l'énergie finale. Pour effectuer ce traçage, les États membres sont tenus d'utiliser des informations empiriques et vérifiables comme des certificats de bilan massique. Ils peuvent également tracer le biogaz injecté à l'aide de certificats de durabilité. Cette répartition permet ainsi d'estimer la production afférente d'électricité, de chaleur issue du secteur de la transformation (chaleur vendue) et de chaleur directement consommée par les utilisateurs finaux, ainsi que de biométhane carburant consommé dans les transports. Les États membres ont également obligation de distinguer la part de ces productions jugée conforme aux exigences de la directive énergies renouvelables, ce qui ajoute un niveau de complexité supplémentaire dans le suivi statistique.

MOINS D'ÉLECTRICITÉ BIOGAZ EN 2023 ET PLUS DE CHALEUR

La production d'électricité issue de centrales utilisant du biogaz pur (non mélangé au réseau), produit et utilisé localement est en net retrait en 2023 à l'échelle de l'Union européenne. Elle a été mesurée par Eurostat à 51,8 TWh, soit 2,6 TWh de moins qu'en 2022 (- 4,8 %). Cette diminution s'explique essentiellement par une baisse de la production d'électricité biogaz de trois pays : l'Allemagne (- 6,6 %, équivalent à une baisse de 2,1 TWh), l'Italie (- 4,6 %, équivalent à une baisse de 0,36 TWh) et les Pays-Bas (- 16,7 %, équivalent à une baisse de 0,14 TWh). De manière générale, l'intérêt renforcé pour l'injection de biométhane dans le réseau et la conversion de



6

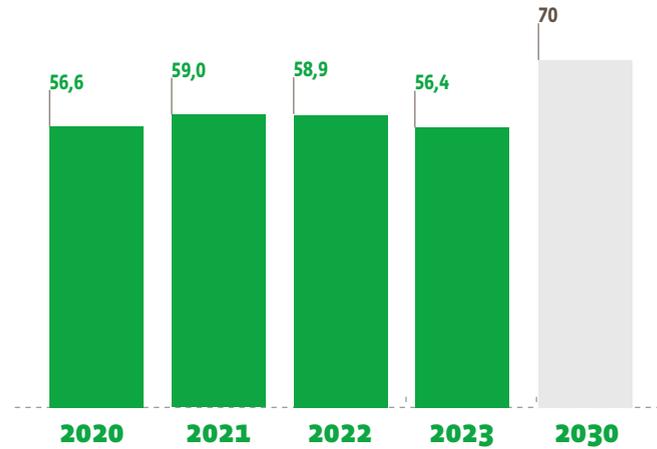
Consommation de chaleur* biogaz (pur et mélangé au réseau) avec la part conforme à la directive (EU) 2018/2001** dans l'Union européenne en 2023 (en ktep)

| | Chaleur dérivée | | | Consommation d'énergie finale (dans l'industrie et autres secteurs, excepté le transport) | | | Chaleur totale | | |
|--------------------|-----------------------------------|---------------|---------------|---|----------------|---------------|-----------------------------------|----------------|---------------|
| | Biogaz (pur et mélangé au réseau) | Dont conforme | % conforme | Biogaz (pur et mélangé au réseau) | Dont conforme | % conforme | Biogaz (pur et mélangé au réseau) | Dont conforme | % conforme |
| Allemagne | 475,8 | 475,8 | 100,0 % | 1 464,3 | 1 464,3 | 100,0 % | 1 940,1 | 1 940,1 | 100,0 % |
| France | 145,0 | 145,0 | 100,0 % | 858,8 | 858,8 | 100,0 % | 1 003,8 | 1 003,8 | 100,0 % |
| Danemark | 115,3 | 115,3 | 100,0 % | 417,0 | 417,0 | 100,0 % | 532,3 | 532,3 | 100,0 % |
| Pays-Bas | 16,1 | 7,9 | 49,0 % | 218,0 | 121,4 | 55,7 % | 234,2 | 129,3 | 55,2 % |
| Tchéquie | 18,1 | 18,1 | 100,0 % | 155,1 | 155,1 | 100,0 % | 173,2 | 173,2 | 100,0 % |
| Pologne | 22,8 | 22,3 | 97,9 % | 106,5 | 104,2 | 97,9 % | 129,2 | 126,5 | 97,9 % |
| Belgique | 25,6 | 25,6 | 100,0 % | 103,3 | 103,3 | 100,0 % | 128,9 | 128,9 | 100,0 % |
| Finlande | 23,8 | 23,8 | 100,0 % | 101,4 | 101,2 | 99,8 % | 125,2 | 125,0 | 99,9 % |
| Espagne | 0,0 | 0,0 | - | 118,6 | 118,1 | 99,6 % | 118,6 | 118,1 | 99,6 % |
| Suède | 15,4 | 15,3 | 99,2 % | 68,5 | 68,0 | 99,3 % | 83,9 | 83,3 | 99,3 % |
| Italie | 23,0 | 14,1 | 61,4 % | 56,4 | 49,7 | 88,1 % | 79,4 | 63,8 | 80,4 % |
| Autriche | 9,8 | 8,7 | 88,3 % | 39,8 | 33,1 | 83,0 % | 49,7 | 41,8 | 84,1 % |
| Slovaquie | 14,5 | 14,5 | 99,7 % | 21,7 | 21,7 | 100,0 % | 36,2 | 36,2 | 99,9 % |
| Grèce | 0,0 | 0,0 | - | 30,5 | 30,5 | 100,0 % | 30,5 | 30,5 | 100,0 % |
| Hongrie | 4,3 | 2,6 | 60,5 % | 21,3 | 19,0 | 89,0 % | 25,6 | 21,6 | 84,2 % |
| Portugal | 0,3 | 0,0 | 0,0 % | 24,7 | 22,7 | 91,7 % | 25,0 | 22,7 | 90,6 % |
| Lettonie | 9,3 | 9,3 | 99,9 % | 6,9 | 6,9 | 100,0 % | 16,2 | 16,2 | 99,9 % |
| Irlande | 0,0 | 0,0 | - | 13,4 | 7,4 | 55,4 % | 13,4 | 7,4 | 55,4 % |
| Bulgarie | 2,5 | 1,1 | 44,4 % | 10,0 | 7,5 | 74,6 % | 12,5 | 8,6 | 68,6 % |
| Lituanie | 2,0 | 2,0 | 100,0 % | 10,2 | 10,2 | 100,0 % | 12,2 | 12,2 | 100,0 % |
| Croatie | 11,4 | 11,4 | 99,7 % | 0,5 | 0,5 | 100,0 % | 11,9 | 11,9 | 99,8 % |
| Estonie | 3,3 | 0,0 | 0,0 % | 8,3 | 2,6 | 31,8 % | 11,6 | 2,6 | 22,7 % |
| Luxembourg | 2,6 | 2,6 | 99,8 % | 4,3 | 4,3 | 100,0 % | 6,9 | 6,9 | 99,9 % |
| Slovénie | 3,1 | 3,1 | 100,0 % | 3,7 | 3,7 | 100,0 % | 6,8 | 6,8 | 100,0 % |
| Roumanie | 3,4 | 3,4 | 100,0 % | 3,1 | 3,1 | 100,0 % | 6,5 | 6,5 | 100,0 % |
| Chypre | 0,9 | 0,9 | 100,0 % | 5,1 | 5,1 | 100,0 % | 6,0 | 6,0 | 100,0 % |
| Malte | 0,0 | 0,0 | - | 1,1 | 1,1 | 100,0 % | 1,1 | 1,1 | 100,0 % |
| Total EU 27 | 948,5 | 922,8 | 97,3 % | 3 872,3 | 3 740,3 | 96,6 % | 4 820,8 | 4 663,1 | 96,7 % |

* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur du « Transport ». ** Conforme avec les critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : D'après Shares Eurostat

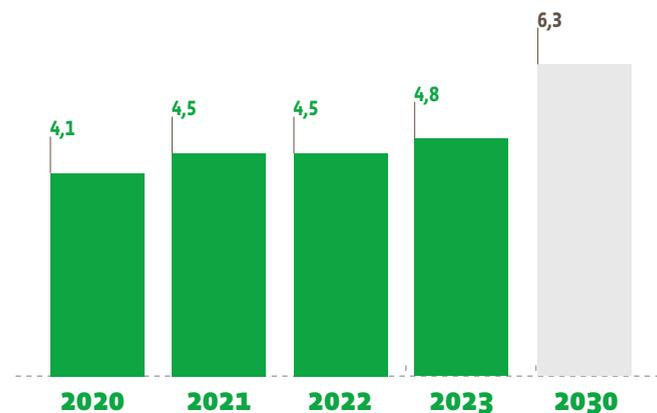


7
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue de biogaz* dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



* Biogaz pur et biogaz mélangé au réseau conforme et non conforme. Source: EurObserv'ER

8
Projection EurObserv'ER de la consommation de chaleur* issue de biogaz** dans l'Union européenne à 27 (en Mtep)



* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur du « Transport ». ** Biogaz pur et biogaz mélangé au réseau conforme et non conforme. Source: EurObserv'ER

certaines unités de production de biométhane existantes expliquent en partie le moindre dynamisme, à l'échelle de l'Union européenne, de la production d'électricité et de chaleur des unités dédiées spécifiquement à la valorisation du biogaz (ou biométhane) produit localement.

La production d'électricité issue du biogaz mélangé au réseau est à l'inverse en croissance de 3,3 %, pour atteindre un peu moins de 4,7 TWh en 2023. En additionnant les deux, biogaz pur et mélangé au réseau, la production biogaz s'établit à 56,5 TWh en 2023, en baisse de 4,2 % par rapport à 2022 (58,9 TWh en 2022).

La production de la chaleur biogaz des unités dédiées spécifiquement à la valorisation du biogaz (ou biométhane) produit localement, sans prise en compte du biogaz injecté dans le réseau, est en légère augmentation à l'échelle de l'Union européenne. La production de chaleur biogaz (issue du secteur de la transformation) augmente de 1,3 % pour atteindre 633,4 ktep en 2023, tandis que la chaleur biogaz directement consommée localement, dans l'industrie et les autres secteurs à l'exception des transports, augmente de 0,6 % à 2556,3 ktep en 2023.

La production de chaleur issue du biogaz mélangé au réseau est également en augmentation, de 7,9 % pour la chaleur vendue (315,1 ktep en 2023) et de 22,3 % pour la chaleur directement consommée par les utilisateurs finaux (1 316,1 ktep en 2023).

La chaleur biogaz dans son ensemble, biogaz pur et mélangé au réseau, vendue ou directement consommée sur place, augmente de 6,3 % pour atteindre 4 820,8 ktep

en 2023, soit un gain de 286,4 ktep. Selon les données disponibles via l'outil Shares d'Eurostat, la quasi-totalité de la production d'électricité, la chaleur dérivée et la consommation d'énergie finale sont réputées conformes aux exigences de la RED II et donc prises en compte dans les objectifs énergies renouvelables des États membres. En ajoutant le biogaz pur et celui mélangé au réseau, le pourcentage de conformité était de 93,6 % pour l'électricité, 97,3 % pour la chaleur dérivée et 96,6 % pour la consommation d'énergie finale dans l'industrie et les autres secteurs (hors celui des transports).

LA FRANCE CONTINUE D'INVESTIR

La France est actuellement le pays de l'Union européenne qui investit le plus dans sa filière biogaz, et plus spécifiquement dans sa filière biométhane. Selon Eurostat, le pays a augmenté sa production d'énergie primaire biogaz de 16,4 % entre 2022 et 2023 pour atteindre 1 890 ktep, soit 266,4 ktep de plus en un an. Selon le Service des données et études statistiques (Sdes), au 31 décembre 2023, 652 installations ont injecté du biométhane, après production et épuration de biogaz, dans les réseaux de gaz naturel, soit 139 de plus en 2022 (149 en 2022). Leur capacité maximale de production s'élève désormais à 11,8 TWh/an fin 2023, en progression de 25 % par rapport à fin 2022. Au total, la production de biométhane injecté s'est élevée à 9,1 TWh PCS (pouvoir calorifique supérieur) sur toute l'année 2023, soit une hausse de 31 % par rapport à celle de l'année précé-

dente. Le rythme de progression a été plus faible en 2024. Au 30 septembre 2024, 710 installations ont injecté du biométhane (+ 58 par rapport à fin 2023) dans les réseaux de gaz naturel. Leur capacité s'élève à 13,1 TWh/an, en progression de 9 % par rapport à fin 2023. Le Sdes précise que durant le troisième trimestre 2024, la part du biométhane représentait 4,7 % des injections totales de gaz sur le réseau.

LE DANEMARK VISE 100 % DE GAZ VERT D'ICI 2030

La production de biogaz au Danemark a augmenté rapidement sur la dernière décennie, passant de 105 ktep à 758 ktep en 2023. Ce succès s'explique par la mise en place dès 2012 d'un régime de subvention fixe visant à accroître la production de biogaz pour la production d'électricité, la production de chaleur et la valorisation en biométhane. Ce régime de subvention a pris fin en 2018, remplacé par un système d'appels d'offres. Les subventions ayant été accordées pour une période de 20 ans, la majeure partie du biogaz produit aujourd'hui au Danemark est toujours subventionnée. Auparavant, la majeure partie du biogaz était utilisée pour la production d'électricité, mais aujourd'hui, environ 80 % de la production biogaz danoise est injectée dans le réseau de gaz naturel. En 2023, selon l'Agence de l'énergie danoise (ENS), la part du biométhane dans le système gazier danois a atteint près de 40 %, et l'objectif du pays est d'atteindre une consommation de biogaz vert de 100 % à l'horizon 2030. Selon l'ENS, les déchets

d'élevage constituent environ 75 % de la biomasse utilisée dans les installations de biogaz agricoles danoises. Les 25 % restants comprennent différents types de déchets organiques provenant des ménages et de l'industrie (16 %), de cultures énergétiques (5 %), de glycérine (2 %) et de paille (2 %).

LE BIOGAZ ALLEMAND À L'HEURE DES CHOIX

En Allemagne, la production d'énergie primaire biogaz est en diminution pour la seconde année consécutive (8,2 Mtep en 2021, 8,1 Mtep en 2022 et 7,7 Mtep en 2023). Elle représente désormais un peu moins de la moitié de la production de biogaz de l'Union européenne (49 % en 2023). Cette baisse peut s'expliquer par le fait que le pays n'est plus dans une logique de production mais dans une logique de régulation des besoins du réseau électrique, tout en privilégiant l'injection. Selon l'Association allemande du biogaz (Fachverband Biogas), la part du biogaz et du biométhane dans la consommation allemande de gaz naturel était de l'ordre de 10,9 % en 2023. Selon cette même association, le pays comptait de l'ordre de 9 900 installations biogaz, dont 248 injectant du biométhane dans le réseau du gaz. Le nombre de nouvelles installations est cependant bien moindre que celui observé à la fin des années 2000 et au début des années 2010, où plus d'un millier d'unités biogaz étaient mises en service chaque année (1 314 nouvelles installations en 2009, 1 107 en 2010 et 1 526 en 2011). En 2022, seules 77 petites installations agricoles ont vu le jour et 38 en 2023. L'objectif du gouvernement,

depuis les réformes de la loi allemande sur les énergies renouvelables (EEG) de 2014 et 2017, n'est plus d'accroître significativement le nombre de méthaniseurs, mais plutôt de flexibiliser davantage la production d'électricité biogaz des unités existantes. L'objectif est de viser l'agrandissement

de sites en exploitation afin de renforcer leur puissance installée pour cette flexibilisation en vue de faire coïncider la production avec les périodes de forte demande. Cette politique explique la forte augmentation de la puissance électrique des installations biogaz allemandes depuis 2016,

qui est passée, selon l'association biogaz allemande, de 4 018 MW en 2015 à 5 905 MW en 2023, alors que la puissance installée utilisée n'a augmenté que de 3 723 MW en 2015 à 3 829 MW en 2022. Selon Horst Seide, le président de la fédération allemande des producteurs de biogaz, il serait pos-

sible de doubler la capacité de production actuelle de 6 à 12 GW d'ici 2030. Pour lui, cela ne signifie pas produire plus de biogaz et ou utiliser plus de biomasse, mais construire des centrales de cogénération supplémentaires afin de produire de l'électricité lorsque le soleil ne brille pas et que le vent



ne souffle pas. Les installations de biogaz existantes pourraient ainsi rendre superflue la construction de nouvelles centrales électriques au gaz. Selon EurObserv'ER, la question des intrants est également sur la table car, si le pays a diminué l'utilisation des cultures énergétiques, leur utilisation reste importante. Selon le Centre de recherche allemand sur la biomasse (DBFZ, Deutsches Biomasseforschungszentrum), les cultures énergétiques (essentiellement du maïs d'ensilage) représentaient encore en 2021 environ 45 % de la masse des intrants dans la production de biogaz, comparé à une part de 49 % pour les lisiers, 3 % pour les déchets agroalimentaires et 3 % pour les biodéchets. Mais compte tenu de leur pouvoir méthanogène, les cultures énergétiques apportent 73 % de l'énergie biogaz (18 % pour les lisiers, 5 % pour les déchets agroalimentaires et 4 % pour les biodéchets).

VERS UN DOUBLEMENT DE LA PRODUCTION DE BIOMÉTHANE D'ICI 2030

Les investissements déjà réalisés dans la production européenne de biogaz, motivés autant par des considérations environnementales que par la volonté de réduire la dépendance énergétique en gaz des pays membres, ont pris tout leur sens depuis l'invasion de l'Ukraine par la Russie. La dépendance excessive de l'Union européenne vis-à-vis du gaz russe a eu des conséquences désastreuses sur l'augmentation des factures énergétiques des ménages, des collectivités et des entreprises. L'Union européenne a été la plus réactive possible avec la mise en place dès le mois de mai 2022 de

son plan REPowerEU. Parmi les mesures phares, la Commission a mis en place un Plan d'action pour le biométhane qui définit des outils tels qu'un nouveau partenariat industriel pour le biométhane et des incitations financières visant à porter la production à 35 milliards de m³ d'ici à 2030, y compris dans le cadre de la politique agricole commune, afin de remplacer 20 % des importations de gaz naturel russe. La dynamique est aujourd'hui positive. Selon l'Association européenne du biogaz (EBA), au moins 25 milliards d'euros seront investis dans le biométhane européen d'ici 2030, et le nombre d'emplois dans le secteur pourrait croître jusqu'à 500 000 et générer un bénéfice supplémentaire de 12 milliards d'euros par an pour la bioéconomie européenne. L'EBA rappelle également que le déploiement du biogaz est essentiel pour renforcer la résilience du système énergétique de l'UE. Selon Harmen Dekker, le directeur général de l'EBA: « La meilleure ressource dont dispose l'Europe pour réduire sa dépendance aux fournisseurs d'énergie extérieurs est une combinaison de toutes les sources d'énergie renouvelable, y compris les biogaz. Les biogaz contribuent de manière essentielle à l'approvisionnement en énergie renouvelable, et pas seulement en termes de volume. Grâce à leur flexibilité, à leur capacité de stockage d'énergie et à leur capacité à produire de l'électricité répartis-sable, les biogaz soutiennent et facilitent la croissance d'autres énergies renouvelables. » ■



DÉCHETS MUNICIPAUX RENOUELVABLES

Les déchets municipaux renouvelables valorisés par les unités d'incinération avec récupération d'énergie (également appelées centrales WtE pour waste-to-energy plants) ont, selon Eurostat, généré dans l'Union européenne des 27 une production d'énergie primaire de 8,8 Mtep en 2023 (8 772,5 ktep exactement). Pour la seconde année consécutive, son

niveau de production est en baisse (-411,4 ktep par rapport à 2022, soit -4,5 %). Cette baisse est un peu plus franche que celle mesurée entre 2021 et 2022 (-121,8 ktep). Ce chiffre ne prend pas en compte la totalité de la production énergétique valorisée par les centrales WtE mais uniquement la partie biodégradable des déchets urbains (cartons, papiers, déchets

de cuisine, etc.). La partie non biodégradable des déchets urbains (emballages plastiques divers, bouteilles d'eau, etc.) représente une production énergétique équivalente (8 580,2 ktep en 2023, -4,7 % entre 2022 et 2023). En pratique, du fait de la difficulté de distinguer les déchets biodégradables des autres déchets, les déchets comptabilisés comme source d'énergie renouvelable sont par convention estimés à 50 % de l'ensemble des déchets urbains incinérés, sauf étude spécifique menée par un État membre. Il convient de préciser que les déchets industriels non renouvelables sont comptabilisés à part et représentent une production d'énergie primaire estimée à 4 746,5 ktep en 2023 (-1,5 % entre 2022 et 2023). Tandis que la partie renouvelable (biodégradable) des déchets industriels est par convention intégrée aux biocombustibles solides « solid biofuels », qui fait l'objet d'une fiche spécifique dans ce baromètre bilan. Cette partie renouvelable des déchets industriels représentait une production d'énergie primaire de 1 513,1 ktep en 2023 (-1,4 % entre 2022 et 2023).

Le nombre d'unités d'incinération avec récupération d'énergie était estimé par la Cewep (Confederation of European Waste-to-Energy Plants) à 498, à l'échelle européenne, en 2022 (incluses 57 unités au Royaume-Uni, 29 en Suisse et 18 en Norvège), soit 394 dans les pays de l'Union européenne. Elles traitaient thermiquement en Europe de l'ordre de 100 millions de tonnes de déchets (79 millions de tonnes dans les pays de l'UE).

UNE TENDANCE INVERSÉE ENTRE L'OUEST ET L'EST DE L'UE

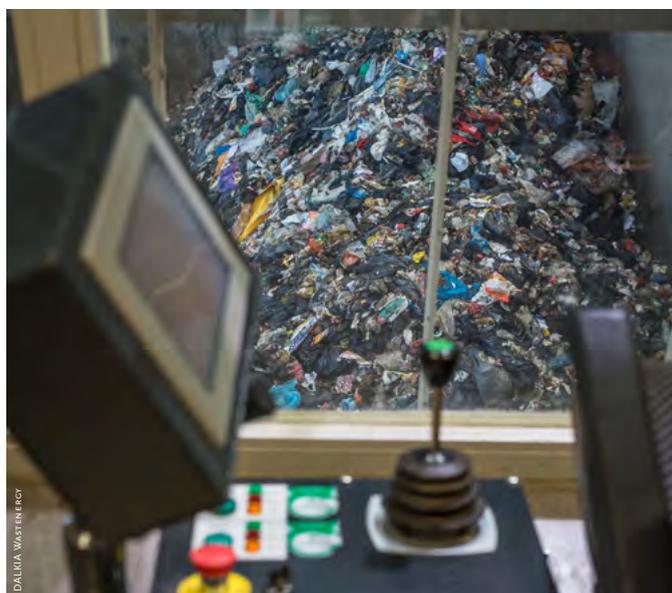
La baisse de la production d'énergie primaire des déchets municipaux renouvelables à l'échelle de l'Union européenne n'est pas généralisée à chaque État membre. Elle s'explique en 2023 par une baisse significative de la production en France (-159,6 ktep), en Suède (-108,5 ktep), aux Pays-Bas (-90,5 ktep), en Allemagne (-80,8 ktep) et en Finlande (-41,7 ktep). À l'inverse, beaucoup de pays d'Europe de l'Est ont affiché un taux de croissance à deux chiffres de leur

1

Production d'énergie primaire à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en ktep)

| | 2022 | 2023 |
|--------------------|----------------|----------------|
| Allemagne | 3 052,5 | 2 971,6 |
| France | 1 318,3 | 1 158,6 |
| Italie | 848,2 | 847,6 |
| Pays-Bas | 865,4 | 774,9 |
| Suède | 743,9 | 635,4 |
| Danemark | 454,2 | 442,4 |
| Belgique | 361,5 | 366,6 |
| Finlande | 341,3 | 299,6 |
| Espagne | 284,2 | 278,4 |
| Autriche | 200,2 | 216,3 |
| Irlande | 151,7 | 154,3 |
| Pologne | 114,0 | 113,5 |
| Portugal | 121,4 | 111,2 |
| Tchéquie | 95,2 | 108,3 |
| Lituanie | 52,9 | 99,6 |
| Hongrie | 57,0 | 63,3 |
| Bulgarie | 42,4 | 43,3 |
| Slovaquie | 34,0 | 38,5 |
| Estonie | 22,0 | 22,1 |
| Luxembourg | 12,5 | 10,2 |
| Lettonie | 5,6 | 10,1 |
| Roumanie | 1,6 | 3,5 |
| Chypre | 4,0 | 3,0 |
| Total EU 27 | 9 183,9 | 8 772,5 |

Source : Eurostat



DALIA WASTE ENERGY



2

Production brute d'électricité à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en GWh)

| | 2022 | | | 2023 | | |
|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | Électricité seule | Co-génération | Total | Électricité seule | Co-génération | Total |
| Allemagne | 3 295,0 | 2 332,0 | 5 627,0 | 3 478,0 | 2 226,0 | 5 704,0 |
| Italie | 1 004,6 | 1 321,1 | 2 325,7 | 1 005,6 | 1 330,6 | 2 336,2 |
| France | 863,3 | 1 244,8 | 2 108,1 | 710,8 | 1 371,7 | 2 082,5 |
| Pays-Bas | 0,0 | 2 225,1 | 2 225,1 | 0,0 | 1 981,5 | 1 981,5 |
| Suède | 0,0 | 1 761,0 | 1 761,0 | 0,0 | 1 381,0 | 1 381,0 |
| Belgique | 376,9 | 623,2 | 1 000,1 | 339,3 | 626,9 | 966,2 |
| Danemark | 0,0 | 1 020,3 | 1 020,3 | 0,0 | 923,7 | 923,7 |
| Espagne | 765,5 | 98,0 | 863,5 | 735,0 | 106,0 | 841,0 |
| Finlande | 0,0 | 587,9 | 587,9 | 0,0 | 441,2 | 441,2 |
| Autriche | 205,7 | 148,3 | 354,0 | 222,6 | 146,7 | 369,4 |
| Irlande | 346,8 | 0,0 | 346,8 | 333,8 | 0,0 | 333,8 |
| Pologne | 0,0 | 301,6 | 301,6 | 0,0 | 303,8 | 303,8 |
| Portugal | 309,2 | 0,0 | 309,2 | 298,7 | 0,0 | 298,7 |
| Lituanie | 0,0 | 155,7 | 155,7 | 0,0 | 229,8 | 229,8 |
| Tchéquie | 0,0 | 129,7 | 129,7 | 0,0 | 150,2 | 150,2 |
| Hongrie | 9,0 | 121,0 | 130,0 | 4,0 | 114,0 | 118,0 |
| Estonie | 20,5 | 20,0 | 40,5 | 21,8 | 31,1 | 53,0 |
| Slovaquie | 0,0 | 50,0 | 50,0 | 0,0 | 45,0 | 45,0 |
| Luxembourg | 0,0 | 41,6 | 41,6 | 0,0 | 34,1 | 34,1 |
| Total EU 27 | 7 196,4 | 12 181,3 | 19 377,7 | 7 149,7 | 11 443,4 | 18 593,1 |

Source: Eurostat

production d'énergie issue des déchets ménagers renouvelables, à l'instar de la Lituanie (+ 46,8 ktep, en croissance de 88,4 %), de la Tchéquie (+ 13,1 ktep, + 13,8 %), de la Hongrie (+ 6,2 ktep, + 10,9 %) ou de la Lettonie (+ 4,5 ktep, + 80,3 %). Selon EurObserv'ER, cette baisse à l'échelle de l'Union européenne est conjoncturelle, directement liée à

la crise économique, à la baisse du pouvoir d'achat et à la baisse de la consommation (et donc du tonnage des déchets à traiter), mais également structurelle dans les pays les plus actifs en matière de recyclage et de collecte (biodéchets, cartons, etc.), qui réduisent la quantité de déchets à traiter par incinération.

Un avantage de la filière est que les centrales d'incinération des déchets sont le plus souvent situées à proximité de grands centres urbains, à la fois pourvoyeurs de déchets mais également grands consommateurs d'énergie. Cette proximité favorise une utilisation optimale et locale de l'énergie, que ce soit sous

3

Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de déchets urbains renouvelables en 2022 et 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | 2023 | | |
|--------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| | Chaleur seule | Co-génération | Total | Chaleur seule | Co-génération | Total |
| Allemagne | 249,6 | 616,7 | 866,3 | 231,4 | 621,0 | 852,4 |
| Suède | 79,2 | 542,0 | 621,2 | 198,2 | 389,8 | 588,0 |
| Danemark | 26,6 | 332,8 | 359,4 | 24,9 | 341,3 | 366,2 |
| France | 117,2 | 290,3 | 407,5 | 39,2 | 286,1 | 325,3 |
| Pays-Bas | 0,0 | 203,8 | 203,8 | 0,0 | 189,5 | 189,5 |
| Finlande | 60,1 | 123,5 | 183,7 | 82,9 | 104,3 | 187,2 |
| Italie | 0,0 | 102,5 | 102,5 | 0,0 | 111,9 | 111,9 |
| Autriche | 12,7 | 69,9 | 82,6 | 12,9 | 76,0 | 88,8 |
| Lituanie | 0,0 | 34,4 | 34,4 | 0,0 | 55,2 | 55,2 |
| Tchéquie | 0,0 | 36,0 | 36,0 | 0,0 | 40,6 | 40,6 |
| Pologne | 0,6 | 37,0 | 37,6 | 0,5 | 39,7 | 40,1 |
| Belgique | 0,4 | 33,4 | 33,8 | 0,4 | 28,4 | 28,8 |
| Hongrie | 0,0 | 20,2 | 20,2 | 0,0 | 20,1 | 20,1 |
| Estonie | 0,0 | 13,9 | 13,9 | 0,2 | 14,2 | 14,3 |
| Slovaquie | 0,0 | 2,4 | 2,4 | 0,0 | 2,6 | 2,6 |
| Luxembourg | 0,0 | 0,9 | 0,9 | 0,0 | 0,8 | 0,8 |
| Total EU 27 | 546,5 | 2 459,6 | 3 006,1 | 590,6 | 2 321,3 | 2 912,0 |

Source: Eurostat

forme de chaleur, d'électricité, ou le plus souvent des deux simultanément grâce à la cogénération. La chaleur peut ainsi être plus facilement exportée pour alimenter un réseau de chauffage urbain ou les besoins d'un site industriel. En prenant en compte uniquement la part renouvelable des déchets ménagers, les centrales

d'incinération ont permis une production d'électricité renouvelable de 18,6 TWh en 2023, en légère diminution par rapport à 2022 (- 4 %). La cogénération est le principal mode de valorisation de ces centrales, avec pour l'électricité une part de 61,5 % en 2023. En valeur, la Suède (- 380 GWh), les Pays-Bas (- 243,6 GWh), la

Finlande (- 146,6 GWh) et le Danemark (- 96,6 GWh) sont les quatre pays où la production d'électricité renouvelable issue des déchets urbains a le plus diminué en 2023. Des hausses modérées ont en revanche été mesurées en Allemagne (+ 77 GWh), en Lituanie (+ 74,1 GWh) et en Tchéquie (+ 20,5 GWh).



4

Consommation d'énergie finale à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en ktep)

| | 2022 | 2023 |
|--------------------|----------------|--------------|
| Allemagne | 530,3 | 414,8 |
| France | 153,5 | 121,5 |
| Irlande | 53,9 | 58,6 |
| Bulgarie | 42,4 | 43,3 |
| Danemark | 41,5 | 39,9 |
| Lettonie | 43,6 | 39,6 |
| Pays-Bas | 43,1 | 36,1 |
| Finlande | 36,6 | 31,1 |
| Chypre | 26,8 | 27,0 |
| Tchéquie | 21,4 | 16,8 |
| Slovaquie | 10,3 | 15,8 |
| Pologne | 14,2 | 15,1 |
| Hongrie | 18,3 | 12,8 |
| Lituanie | 0,0 | 10,0 |
| Espagne | 8,7 | 7,4 |
| Italie | 6,5 | 6,6 |
| Suède | 6,2 | 6,2 |
| Belgique | 5,9 | 5,0 |
| Roumanie | 1,6 | 3,5 |
| Total EU 27 | 1 064,8 | 911,2 |

Source: Eurostat

Selon Eurostat, dans l'Union européenne à 27, la puissance électrique maximum nette des centrales valorisant des déchets municipaux était de 7630,4 MW fin 2022 (7 583 MW fin 2023). L'autre grand débouché des centrales d'incinération est la vente de chaleur issue du secteur de la transformation. Entre 2022 et 2023, la vente de chaleur renouvelable issue des déchets urbains

a diminué. Cette baisse est en partie liée à un recul de la demande de chauffage lié à des conditions climatiques hivernales moins froides qu'en 2022. Elle atteint 2 912 ktep en 2023 (3 006,1 ktep en 2022, dont 79,7 % issus d'unités en cogénération). En valeur, les baisses les plus significatives sont le fait de la France (- 82,2 ktep), de la Suède (- 33,2 ktep), des Pays-Bas (- 14,3 ktep) et de l'Allemagne

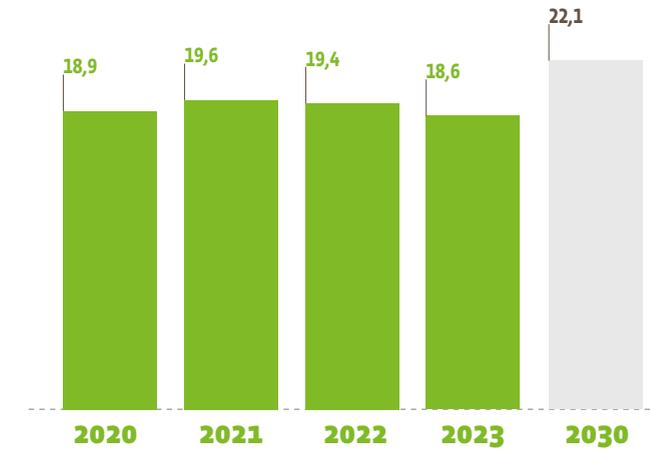
(- 13,9 ktep). La chaleur directement consommée est également en diminution et passe sous le seuil du Mtep en 2023 (de 1 064,8 à 911,2 ktep).

DES DÉCHETS MÉNAGERS RENOUVELABLES AMENÉS À DISPARAÎTRE

Le potentiel énergétique de la valorisation énergétique des déchets par incinération reste important dans les pays où la part de mise en décharge des déchets ménagers reste conséquente. En effet, tous les États membres sont tenus de respecter les objectifs de la directive modificative (UE) 2018/850 (modifiant la directive 1999/31/CE) concernant la mise en décharge des déchets. Pour soutenir la transition de l'UE vers l'économie circulaire, la directive (UE) 2018/850 introduit des restrictions sur la mise en décharge de tous les déchets susceptibles d'être recyclés ou valorisés à partir de matériaux ou d'énergie dès 2030, mais surtout elle limite la part des déchets municipaux mis en décharge à 10 % d'ici 2035. En 2022 (dernière année disponible), neuf États membres avaient déjà atteint ce niveau (Belgique, Finlande, Suède, Allemagne, Pays-Bas, Danemark, Autriche, Luxembourg, Slovaquie). Les taux d'incinération des déchets municipaux de ces pays restent significatifs, de l'ordre de 30 % en Allemagne jusqu'à 60 % pour la Suède et la Finlande. En parallèle, la volonté de l'Union européenne va dans le sens d'une réduction drastique de la production des déchets ménagers et alimentaires, avec in fine des conséquences sur l'activité de

5

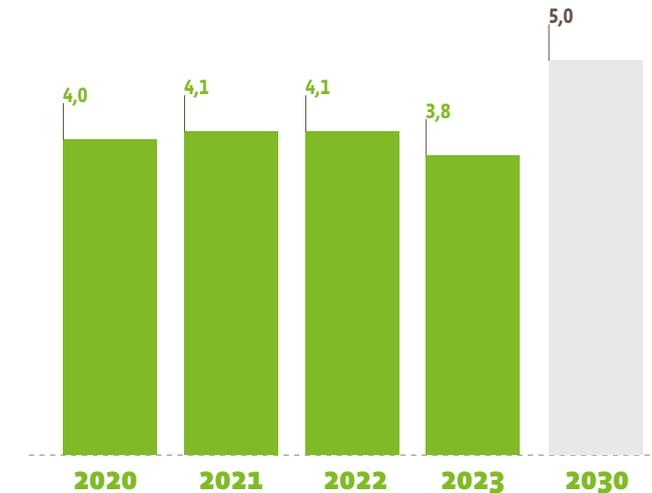
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue des déchets urbains renouvelables dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



Source: EurObserv'ER

6

Projection EurObserv'ER de la consommation de chaleur* issue des déchets urbains renouvelables dans l'Union européenne à 27 (en Mtep)



*Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs » excluant le secteur du « Transport ». Source: EurObserv'ER

l'industrie de la valorisation énergétique des déchets ménagers par incinération. La législation européenne sur la gestion des déchets est encadrée par la directive (UE) 2018/851 qui a modifié la directive 2008/98/CE. Cette dernière avait établi une hiérarchie des déchets avec comme ordre prioritaire la prévention, la préparation en vue du réemploi, les autres modes de valorisation (comme la valorisation énergétique) et l'élimination. La directive modificative 2018/851 a quant à elle pour objet le renforcement des règles relatives à la prévention des déchets et à l'économie circulaire. Elle oblige les États membres à mettre en œuvre des modèles de production et de consommation durables, avec des mesures pour réduire le gaspillage alimentaire, de toute la chaîne de production jusqu'au consommateur. Elle fixe également de nouveaux objectifs de recyclage pour les déchets municipaux: d'ici à 2025, au moins 55 % en poids de ces déchets devront être recyclés. Cet objectif passera à 60 % d'ici à 2030 et à 65 % d'ici à 2035. Les États membres ont également dû mettre en place, au plus tard le 1^{er} janvier 2025, une collecte séparée pour les textiles (et les déchets dangereux produits par les ménages), veiller à ce qu'au plus tard le 31 décembre, les biodéchets soient collectés séparément ou recyclés à la source (par compostage, par exemple). Ces mesures devraient nettement diminuer le tonnage des déchets municipaux renouvelables à traiter par incinération, qui seront déportés soit vers le compostage, soit vers la méthanisation. ■



BIOMASSE SOLIDE

Les biocombustibles solides, plus communément appelés biomasse solide, regroupent toutes les matières organiques solides d'origine biologique pouvant être utilisées comme combustible pour la production de chaleur ou d'électricité. Dans les statistiques énergétiques, les biocombustibles solides sont un agrégat de produits égal à la somme du bois de chauffage, des résidus et sous-produits du bois (dont font partie les granulés de bois), de la liqueur noire (sous-produit de l'industrie de la pâte à papier), de la bagasse (sous-produit de l'industrie de la canne à sucre), des déchets animaux, d'autres matières et résidus végétaux et de la fraction renouvelable des déchets industriels. Le charbon de bois fait partie des biocombustibles solides mais, par convention, fait l'objet d'un traitement statistique particulier et n'est donc pas pris en compte dans les statistiques présentées. Les déchets municipaux renouvelables font également l'objet d'un suivi statistique spécifique et ne sont pas inclus dans la catégorie des biocombustibles solides.

La consommation de biocombustibles solides de l'Union européenne, après avoir atteint son plus haut niveau en 2021, est en perte de vitesse pour la deuxième année consécutive. Selon Eurostat, la consommation d'énergie primaire de l'UE a été mesurée à 95,8 Mtep en 2023 contre 100,4 Mtep en 2022 et 104,5 Mtep en 2021. La baisse de la consommation de l'année 2023 s'est effectuée dans un contexte de prix élevés de l'énergie et d'appel à la sobriété, consécutif à la crise énergétique que subit l'Union européenne depuis février 2022. Elle s'explique entre autres par une moindre compétitivité de la production d'électricité biomasse solide et par des besoins de chauffage en baisse, consécutifs à deux hivers particulièrement doux à l'échelle européenne.

DES PERTURBATIONS ÉCONOMIQUES ET CLIMATIQUES SANS PRÉCÉDENT

Plusieurs facteurs expliquent cette baisse de la consommation d'énergie biomasse solide de l'Union européenne. Par rapport à 2021, les

biocombustibles solides (granulés de bois, plaquettes forestières, bois de récupération...) ont perdu en compétitivité, subissant de plein fouet la crise énergétique de 2022 avec des conséquences importantes sur la production d'électricité biomasse solide. En 2022, la forte hausse du prix des granulés de bois, corollaire de la flambée du prix du gaz et d'une demande européenne contrainte par l'embargo des importations russes et biélorusses, avait déjà jeté un froid sur la production des centrales électriques utilisant la biomasse. En 2023, même si le prix des granulés est redescendu par rapport à son niveau de 2022 (où il avait plus que doublé), il reste encore au-dessus de la moyenne des années précédentes. L'autre grande raison qui explique la baisse de la consommation est d'ordre climatique. Elle est liée à une diminution des besoins de chauffage à l'échelle de l'Union européenne en 2022 et en 2023. Et cette tendance, directement liée au changement climatique, n'est pas près de s'infléchir. En effet, selon le service changement climatique (C3S) de l'observatoire européen Copernicus, « il est de fait certain

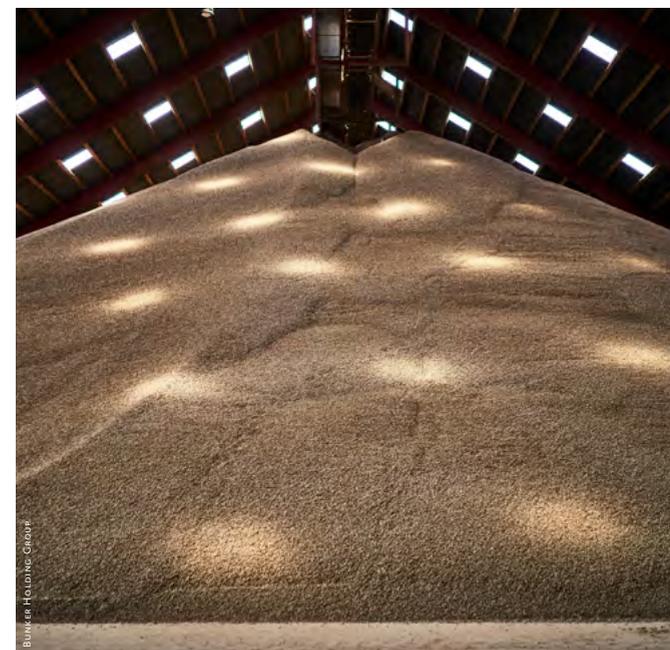
que 2024 sera l'année la plus chaude enregistrée et dépassera de plus de 1,5 °C le niveau préindustriel », limite fixée par l'Accord de Paris. Cet accord fait toutefois référence à une tendance de long terme : la moyenne de réchauffement de 1,5 °C devra être observée sur plusieurs années pour être considérée comme franchie.

DES IMPORTATIONS HORS UE EN FORTE BAISSÉ

Selon Eurostat, la production d'énergie primaire issue des biocombustibles solides de l'Union européenne, autrement dit la biomasse solide prélevée sur le sol de l'UE, s'est établie à 94 Mtep en 2023. Elle est en diminution de

4 % par rapport à 2022, équivalant à une diminution de la production de 4 Mtep. La différence entre les données de production d'énergie primaire et de consommation intérieure brute correspond au solde des importations et des exportations, ainsi que de la variation des stocks. À l'échelle de l'Union européenne, les importations nettes de biomasse solide demeurent donc relativement faibles et sont en nette diminution depuis 2021 (3,7 Mtep en 2021, 2,4 Mtep en 2022 et 1,8 Mtep en 2023). La baisse des importations mesurée depuis 2021 s'explique par les effets de l'embargo concernant les granulés de bois russes et biélorusses, mais également par la mise en œuvre progressive de la législation européenne concernant l'utilisation de la biomasse dans les grands sites industriels, et particulièrement les centrales électriques utilisant de la biomasse.

La répartition de la production nationale de biomasse solide des pays de l'Union européenne entre les différents combustibles biomasse est très nettement à l'avantage de la catégorie « bois, résidus de bois et





1

Production d'énergie primaire et consommation intérieure brute de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en Mtep)

| | 2022 | | 2023 | |
|--------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| | Production | Consommation | Production | Consommation |
| Allemagne | 14,154 | 14,313 | 12,577 | 12,671 |
| France | 10,460 | 10,618 | 10,547 | 10,765 |
| Suède | 10,095 | 10,065 | 9,729 | 9,761 |
| Finlande | 8,462 | 8,704 | 8,346 | 8,601 |
| Pologne | 8,478 | 8,548 | 8,333 | 8,317 |
| Italie | 7,265 | 8,403 | 6,760 | 7,914 |
| Espagne | 5,297 | 5,297 | 5,466 | 5,466 |
| Autriche | 5,042 | 4,967 | 4,935 | 4,833 |
| Tchéquie | 3,727 | 3,512 | 3,371 | 3,217 |
| Roumanie | 3,471 | 3,419 | 3,165 | 3,183 |
| Danemark | 1,545 | 3,111 | 1,570 | 3,089 |
| Portugal | 2,971 | 2,800 | 2,895 | 2,734 |
| Pays-Bas | 1,649 | 2,479 | 1,554 | 2,008 |
| Hongrie | 2,091 | 2,117 | 1,878 | 1,901 |
| Belgique | 1,301 | 1,880 | 1,341 | 1,667 |
| Lettonie | 2,515 | 1,535 | 2,730 | 1,509 |
| Croatie | 1,593 | 1,377 | 1,485 | 1,330 |
| Bulgarie | 1,589 | 1,605 | 1,311 | 1,303 |
| Lituanie | 1,297 | 1,292 | 1,284 | 1,286 |
| Estonie | 1,766 | 1,143 | 1,743 | 1,211 |
| Slovaquie | 1,383 | 1,362 | 1,167 | 1,157 |
| Grèce | 0,797 | 0,824 | 0,868 | 0,879 |
| Slovénie | 0,546 | 0,546 | 0,528 | 0,528 |
| Irlande | 0,242 | 0,263 | 0,188 | 0,221 |
| Luxembourg | 0,179 | 0,170 | 0,194 | 0,206 |
| Chypre | 0,031 | 0,035 | 0,025 | 0,027 |
| Malte | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,001 |
| Total EU 27 | 97,945 | 100,387 | 93,987 | 95,785 |

* Hors charbon de bois. Source : Eurostat

sous-produits », qui inclut la production de granulés de bois. En 2023, la répartition était, d'après les données d'Eurostat, par ordre d'importance, de 78,6 % de bois, résidus de bois et sous-produits (dont 6 % de granulés de bois), 14 % de liqueur noire, 5 % d'autres matières et résidus végétaux, 1,6 % de déchets industriels renouvelables, 0,6 % de bagasse et 0,2 % de déchets animaux.

CHUTE DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ BIOMASSE SOLIDE

L'énergie primaire est celle contenue dans les ressources naturelles avant une éventuelle transformation. L'énergie finale est l'énergie utilisée par le consommateur, après transformation et transport, consommée et facturée à son point d'utilisation. L'énergie finale peut être utilisée soit sous forme d'électricité, soit sous forme de chaleur. La chaleur biomasse solide est différenciée selon qu'elle est issue du secteur de la transformation, c'est-à-dire distribuée via des réseaux de chaleur (tableau 3), ou utilisée directement par les consommateurs finaux dans les secteurs résidentiel, industriel et agricole (hors secteur du transport), par exemple dans des appareils de chauffage (chaudières, poêles, inserts, etc.). Dans l'Union européenne à 27, la production d'électricité biomasse solide a continué de décrocher en 2023. Selon Eurostat, elle a été mesurée à 78,4 TWh dans l'Union européenne, soit une baisse de 11,3 % par rapport à 2022 (-10 TWh). Le niveau de production de 2023 est désormais très proche de celui de 2018 (76,2 TWh).

Sur les deux dernières années, la baisse de la production atteint même 15,4 %, soit une perte de 14,3 TWh (de 92,7 TWh en 2021 à 78,4 TWh en 2023).

En considérant uniquement la partie conforme aux exigences de la directive énergies renouvelables 2018/2001 (RED II), susceptible d'être prise en compte dans les objectifs européens, la production d'électricité issue des biocombustibles solides durables diminue à 76,6 TWh en 2023. Cela signifie que 97,7 % de la production d'électricité issue de biocombustibles solides de 2023 était conforme aux exigences de la RED II. Cela signifie aussi que les biocombustibles solides non certifiés et donc non conformes ne sont presque plus utilisés dans les unités de production de l'Union européenne, ce qui était un objectif de la RED II.

Le classement des trois premiers pays producteurs d'électricité biomasse solide de l'Union européenne n'a pas évolué. Les grands pays forestiers que sont la Finlande et la Suède trustent les deux premières places avec une production respective de 10,6 TWh (-10,6 % par rapport à 2022) et de 10,3 TWh (-8,8 % par rapport à 2022), la totalité de ces productions étant issue de centrales fonctionnant en cogénération. L'Allemagne reste à la troisième place avec 10 TWh et une production en baisse de 6,2 %. Les baisses les plus significatives sont le fait des deux plus grands importateurs de granulés de bois de l'Union européenne, à savoir le Danemark, qui a vu sa production d'électricité biomasse solide diminuer de 12,1 % à 5 TWh (-0,7 TWh entre 2022 et 2023), et les Pays-Bas, qui ont vu leur production baisser

de 27,1 % à 4,9 TWh (-1,8 TWh entre 2022 et 2023).

Parmi les principaux pays producteurs, la Pologne et la France sont les deux seuls à avoir augmenté leur production d'électricité biomasse solide entre 2022 et 2023 (+7,4 % en Pologne et +3,7 % en France), avec des gains respectifs de 440 GWh en Pologne (total de 6,4 TWh) et de 170 GWh en France (total de 4,7 TWh).

Concernant la consommation de chaleur, comprenant la consommation d'énergie finale (directement consommée par l'utilisateur final) dans l'industrie et les autres secteurs, hors secteur des transports, et la chaleur issue du secteur de la transformation (la chaleur vendue), elle continue de diminuer en 2023 (-3,3 % par rapport à 2022) mais un peu moins fortement qu'en 2022 (-3,9 % par rapport à 2021). Elle passe ainsi de 81,2 Mtep en 2022 à 78,5 Mtep en 2023. Près de 99 % (98,6 % en 2023) de cette consommation ont été certifiés conformes par les États membres de l'UE et sont donc éligibles au calcul des objectifs de la directive énergies renouvelables.

Dans le détail, la consommation de chaleur biomasse solide directement utilisée par le consommateur final a diminué de 3,4 % entre 2022 et 2023 pour atteindre 66,6 Mtep, soit 2,3 Mtep de moins qu'en 2022. En 2023, la baisse de consommation d'énergie finale biomasse solide la plus franche a été celle de l'Allemagne, qui perd 1,5 Mtep pour un total de 9,6 Mtep (-13,8 %) après avoir connu une très forte hausse en 2022. La baisse a également été significative en Pologne, qui perd 342,3 ktep entre 2022 et 2023 pour un total de 6,5 Mtep (-5 %).



Production brute d'électricité à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en TWh)

| | 2022 | | | 2023 | | | Conforme** | Conforme (%) |
|--------------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Électricité seule | Cogénération | Total | Électricité seule | Cogénération | Total | | |
| Finlande | 0,000 | 11,908 | 11,908 | 0,000 | 10,642 | 10,642 | 10,543 | 99,1 % |
| Suède | 0,000 | 11,284 | 11,284 | 0,000 | 10,291 | 10,291 | 10,243 | 99,5 % |
| Allemagne | 4,931 | 5,732 | 10,663 | 4,367 | 5,630 | 9,997 | 9,997 | 100,0 % |
| Pologne | 1,222 | 4,712 | 5,934 | 1,600 | 4,774 | 6,374 | 5,705 | 89,5 % |
| Danemark | 0,000 | 5,679 | 5,679 | 0,000 | 4,992 | 4,992 | 4,992 | 100,0 % |
| Pays-Bas | 1,905 | 4,849 | 6,755 | 1,385 | 3,541 | 4,926 | 4,805 | 97,5 % |
| France | 0,889 | 3,658 | 4,547 | 1,260 | 3,458 | 4,717 | 4,717 | 100,0 % |
| Espagne | 4,125 | 0,807 | 4,932 | 3,288 | 0,759 | 4,047 | 3,887 | 96,0 % |
| Autriche | 0,764 | 2,975 | 3,739 | 0,769 | 2,746 | 3,515 | 3,451 | 98,2 % |
| Italie | 2,266 | 2,092 | 4,358 | 1,629 | 1,811 | 3,439 | 2,922 | 85,0 % |
| Portugal | 1,473 | 2,071 | 3,544 | 1,354 | 1,896 | 3,250 | 3,250 | 100,0 % |
| Tchéquie | 0,001 | 2,658 | 2,659 | 0,001 | 2,438 | 2,439 | 2,439 | 100,0 % |
| Belgique | 1,464 | 1,379 | 2,843 | 0,481 | 1,304 | 1,785 | 1,785 | 100,0 % |
| Bulgarie | 0,409 | 1,644 | 2,053 | 0,186 | 1,523 | 1,708 | 1,708 | 100,0 % |
| Estonie | 0,553 | 0,970 | 1,523 | 0,492 | 0,828 | 1,321 | 1,321 | 100,0 % |
| Hongrie | 0,620 | 1,073 | 1,693 | 0,300 | 0,826 | 1,126 | 1,016 | 90,2 % |
| Slovaquie | 0,006 | 1,043 | 1,049 | 0,063 | 0,900 | 0,963 | 0,963 | 100,0 % |
| Croatie | 0,000 | 0,720 | 0,720 | 0,000 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 100,0 % |
| Lettonie | 0,000 | 0,552 | 0,552 | 0,000 | 0,478 | 0,478 | 0,448 | 93,9 % |
| Lituanie | 0,000 | 0,394 | 0,394 | 0,000 | 0,416 | 0,416 | 0,416 | 100,0 % |
| Roumanie | 0,062 | 0,494 | 0,557 | 0,003 | 0,376 | 0,379 | 0,379 | 100,0 % |
| Irlande | 0,482 | 0,026 | 0,508 | 0,322 | 0,026 | 0,347 | 0,343 | 98,8 % |
| Luxembourg | 0,000 | 0,288 | 0,288 | 0,000 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 100,0 % |
| Slovénie | 0,000 | 0,162 | 0,162 | 0,000 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 100,0 % |
| Grèce | 0,009 | 0,043 | 0,052 | 0,023 | 0,031 | 0,055 | 0,055 | 99,9 % |
| Total EU 27 | 21,182 | 67,213 | 88,394 | 17,521 | 60,876 | 78,398 | 76,576 | 97,7 % |

* Hors charbon de bois. ** Conforme avec les critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source: Eurostat



3

Production brute de chaleur à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2022 et en 2023 (en Mtep) dans le secteur de la transformation

| | 2022 | | | 2023 | | | Conforme** | Conforme (%) |
|--------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Chaleur seule | Cogénération | Total | Chaleur seule | Cogénération | Total | | |
| Suède | 0,709 | 1,910 | 2,619 | 1,036 | 1,194 | 2,230 | 2,220 | 99,5 % |
| Finlande | 0,961 | 1,013 | 1,975 | 1,083 | 1,036 | 2,119 | 2,100 | 99,1 % |
| Danemark | 0,505 | 1,032 | 1,537 | 0,550 | 1,035 | 1,585 | 1,585 | 100,0 % |
| France | 0,659 | 0,622 | 1,281 | 0,671 | 0,516 | 1,187 | 1,187 | 100,0 % |
| Autriche | 0,615 | 0,355 | 0,971 | 0,590 | 0,353 | 0,943 | 0,926 | 98,2 % |
| Allemagne | 0,159 | 0,473 | 0,632 | 0,171 | 0,480 | 0,652 | 0,652 | 100,0 % |
| Pologne | 0,145 | 0,353 | 0,498 | 0,150 | 0,378 | 0,528 | 0,473 | 89,5 % |
| Lituanie | 0,393 | 0,149 | 0,543 | 0,374 | 0,153 | 0,526 | 0,526 | 100,0 % |
| Lettonie | 0,244 | 0,165 | 0,408 | 0,243 | 0,148 | 0,391 | 0,390 | 100,0 % |
| Estonie | 0,140 | 0,224 | 0,364 | 0,143 | 0,225 | 0,368 | 0,369 | 100,0 % |
| Pays-Bas | 0,115 | 0,222 | 0,337 | 0,090 | 0,192 | 0,282 | 0,233 | 82,7 % |
| Tchéquie | 0,044 | 0,178 | 0,222 | 0,042 | 0,188 | 0,230 | 0,230 | 100,0 % |
| Italie | 0,087 | 0,121 | 0,208 | 0,085 | 0,139 | 0,224 | 0,209 | 93,5 % |
| Bulgarie | 0,015 | 0,133 | 0,147 | 0,017 | 0,115 | 0,132 | 0,132 | 100,0 % |
| Slovaquie | 0,052 | 0,087 | 0,139 | 0,054 | 0,076 | 0,130 | 0,130 | 100,0 % |
| Luxembourg | 0,005 | 0,089 | 0,094 | 0,006 | 0,087 | 0,093 | 0,093 | 100,0 % |
| Hongrie | 0,033 | 0,060 | 0,093 | 0,039 | 0,047 | 0,086 | 0,074 | 86,2 % |
| Croatie | 0,000 | 0,091 | 0,091 | 0,000 | 0,085 | 0,085 | 0,077 | 90,8 % |
| Roumanie | 0,011 | 0,060 | 0,071 | 0,010 | 0,051 | 0,061 | 0,061 | 100,0 % |
| Slovénie | 0,015 | 0,031 | 0,046 | 0,015 | 0,024 | 0,039 | 0,039 | 100,0 % |
| Belgique | 0,000 | 0,024 | 0,024 | 0,000 | 0,037 | 0,037 | 0,037 | 100,0 % |
| Total EU 27 | 4,908 | 7,393 | 12,300 | 5,369 | 6,560 | 11,929 | 11,743 | 98,4 % |

* Hors charbon de bois. ** Conforme avec les critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat



4

Consommation d'énergie finale* issue de la biomasse solide** dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en Mtep)

| | 2022 | 2023 | Conforme *** 2023 | Conforme (%) 2023 |
|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|
| Allemagne | 11,148 | 9,614 | 9,614 | 100,0 % |
| France | 8,002 | 8,108 | 8,108 | 100,0 % |
| Italie | 6,708 | 6,564 | 6,562 | 100,0 % |
| Pologne | 6,886 | 6,544 | 5,857 | 89,5 % |
| Suède | 5,533 | 5,836 | 5,809 | 99,5 % |
| Finlande | 4,815 | 4,801 | 4,769 | 99,3 % |
| Espagne | 3,816 | 4,124 | 4,035 | 97,8 % |
| Autriche | 3,296 | 3,223 | 3,223 | 100,0 % |
| Roumanie | 3,367 | 3,162 | 3,162 | 100,0 % |
| Tchéquie | 2,663 | 2,402 | 2,402 | 100,0 % |
| Portugal | 1,821 | 1,799 | 1,799 | 100,0 % |
| Hongrie | 1,570 | 1,508 | 1,508 | 100,0 % |
| Belgique | 1,266 | 1,270 | 1,270 | 100,0 % |
| Croatie | 1,040 | 1,002 | 1,002 | 100,0 % |
| Lettonie | 0,954 | 0,962 | 0,962 | 100,0 % |
| Danemark | 0,834 | 0,879 | 0,879 | 100,0 % |
| Grèce | 0,804 | 0,857 | 0,857 | 100,0 % |
| Bulgarie | 1,007 | 0,852 | 0,836 | 98,1 % |
| Slovaquie | 0,940 | 0,760 | 0,760 | 100,0 % |
| Pays-Bas | 0,669 | 0,612 | 0,582 | 95,1 % |
| Lituanie | 0,610 | 0,594 | 0,594 | 100,0 % |
| Slovénie | 0,471 | 0,454 | 0,454 | 100,0 % |
| Estonie | 0,445 | 0,422 | 0,422 | 100,0 % |
| Irlande | 0,164 | 0,149 | 0,144 | 96,4 % |
| Luxembourg | 0,034 | 0,033 | 0,033 | 100,0 % |
| Chypre | 0,031 | 0,025 | 0,025 | 100,0 % |
| Malte | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 100,0 % |
| Total EU 27 | 68,896 | 66,558 | 65,669 | 98,7 % |

* Consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur du « Transport ». ** Hors charbon de bois. *** Conforme avec les critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Sources : Eurostat et Shares pour la part conforme

5

Consommation de chaleur* issue de biomasse solide** dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en Mtep)

| | 2022 | 2023 | Conforme *** 2023 | Conforme (%) 2023 |
|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|
| Allemagne | 11,781 | 10,266 | 10,266 | 100,0 % |
| France | 9,283 | 9,295 | 9,295 | 100,0 % |
| Suède | 8,152 | 8,066 | 8,028 | 99,5 % |
| Pologne | 7,384 | 7,072 | 6,330 | 89,5 % |
| Finlande | 6,790 | 6,920 | 6,868 | 99,3 % |
| Italie | 6,916 | 6,788 | 6,771 | 99,8 % |
| Autriche | 4,267 | 4,166 | 4,148 | 99,6 % |
| Espagne | 3,816 | 4,124 | 4,035 | 97,8 % |
| Roumanie | 3,438 | 3,223 | 3,223 | 100,0 % |
| Tchéquie | 2,885 | 2,632 | 2,632 | 100,0 % |
| Danemark | 2,372 | 2,464 | 2,464 | 100,0 % |
| Portugal | 1,821 | 1,799 | 1,799 | 100,0 % |
| Hongrie | 1,663 | 1,594 | 1,582 | 99,2 % |
| Lettonie | 1,362 | 1,352 | 1,352 | 100,0 % |
| Belgique | 1,289 | 1,308 | 1,308 | 100,0 % |
| Lituanie | 1,153 | 1,121 | 1,121 | 100,0 % |
| Croatie | 1,131 | 1,087 | 1,079 | 99,3 % |
| Bulgarie | 1,154 | 0,984 | 0,968 | 98,4 % |
| Pays-Bas | 1,005 | 0,893 | 0,815 | 91,2 % |
| Slovaquie | 1,080 | 0,890 | 0,890 | 100,0 % |
| Grèce | 0,804 | 0,857 | 0,857 | 100,0 % |
| Estonie | 0,809 | 0,791 | 0,791 | 100,0 % |
| Slovénie | 0,517 | 0,493 | 0,493 | 100,0 % |
| Irlande | 0,164 | 0,149 | 0,144 | 96,4 % |
| Luxembourg | 0,128 | 0,126 | 0,126 | 100,0 % |
| Chypre | 0,031 | 0,025 | 0,025 | 100,0 % |
| Malte | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 100,0 % |
| Total EU 27 | 81,196 | 78,487 | 77,412 | 98,6 % |

* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur du « Transport ». ** Hors charbon de bois. *** Conforme avec les critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat



La production brute de chaleur biomasse solide vendue dans les réseaux de chaleur (issue du secteur de la transformation) est, quant à elle, en diminution de 0,4 Mtep entre 2022 et 2023 pour atteindre 11,9 Mtep (- 3 %). Elle s'explique en grande partie par une moindre sollicitation des centrales suédoises fonctionnant en cogénération. La Suède a en effet subi une baisse de sa chaleur vendue dans les réseaux de l'ordre de 14,9 % entre 2022 et 2023 (- 0,4 Mtep), soit un total de 2,2 Mtep en 2023. Plus au nord, la Finlande a quant à elle davantage sollicité ses unités de production de chaleur avec une augmentation de 7,3 % (+ 145 ktep entre 2022 et 2023), soit un total de 2,1 Mtep en 2023. Les difficultés du secteur de la cogénération en Suède s'expliquent par la hausse du prix des biocombustibles (et des granulés en particulier), une augmentation consécutive à l'invasion de l'Ukraine par la Russie en février 2022 qui a déclenché un embargo des importations de biomasse en provenance de Russie et de Biélorussie.

RED III : DES CRITÈRES DE DURABILITÉ À PLUS LARGE SPECTRE

Pour la Commission européenne, l'augmentation de l'utilisation de la biomasse dans l'UE peut contribuer à diversifier l'approvisionnement énergétique de l'Europe – à la fois sur le segment de la production de chaleur et sur celui de la production d'électricité –, à créer de la croissance et des emplois et à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, pour que la valorisation énergétique de la biomasse soit efficace dans la réduction des

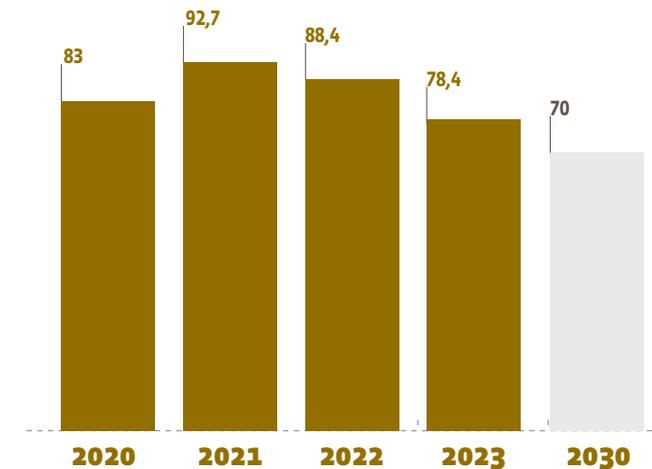
émissions de gaz à effet de serre et qu'elle continue à maintenir les services écosystémiques (comme la production d'oxygène de l'air) et de préservation de la biodiversité, elle doit être produite et utilisée de manière durable. La production de biomasse implique une chaîne d'activités, allant de la culture de la matière première à la conversion finale de l'énergie. Chaque étape du processus peut poser différents défis en matière de durabilité qui doivent être gérés. Pour ce fait, l'Union européenne a mis en place des critères de durabilité renforcés une première fois dans le cadre de la directive énergies renouvelables 2018/2001, et de nouveaux critères encore plus « élargis » dans le

cadre de la refonte de la directive énergies renouvelables 2023/2413 (dite RED III) du 18 octobre 2023. L'objectif de la RED III est d'étendre encore davantage le spectre des critères de durabilité, afin qu'ils s'appliquent à un nombre encore plus élevé d'installations. Elle vise également à décourager l'utilisation de grumes de sciage et de pièces de bois de qualité industrielle à des fins énergétiques, de même que l'utilisation de combustibles biomasse à seule fin de production d'électricité. Elle veille également à ce que les États membres respectent le principe d'utilisation en cascade et de hiérarchie des déchets, l'énergie biomasse devant être produite de



6

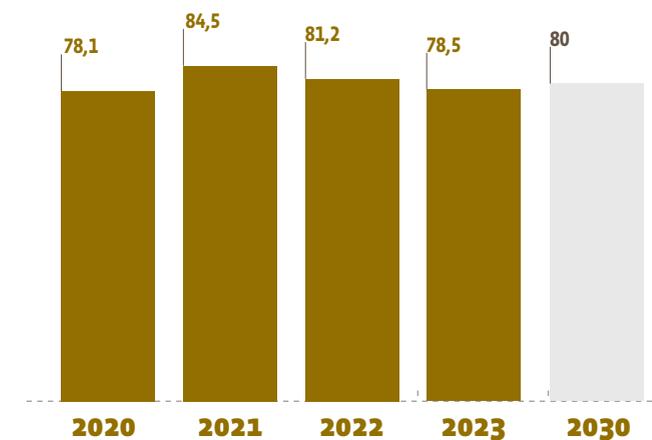
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue de biomasse solide dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



Source : EurObserv'ER

7

Projection EurObserv'ER de la consommation de chaleur* issue de biomasse solide dans l'Union européenne à 27 (en Mtep)



* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale de l'« Industrie » et des « Autres secteurs », excluant le secteur du « Transport ». Source : EurObserv'ER

manière à réduire au minimum les effets de distorsion sur le marché des matières premières issues de la biomasse.

Selon EurObserv'ER, la volonté politique de l'Union européenne de réduire les usages « industriels » des biocombustibles solides pourrait être significative sur le plan de leur contribution aux objectifs renouvelables car, durant la décennie 2010, une grande part de l'augmentation de consommation des biocombustibles solides avait été portée par la mise en service de grosses unités de production d'électricité via la conversion de centrales à charbon aux combustibles biomasse ou par la construction de grandes centrales biomasse fonctionnant en cogénération. Si les difficultés actuelles des grosses unités de production industrielle utilisant des biocombustibles solides sont davantage conjoncturelles et liées à la baisse de compétitivité de l'électricité biomasse solide due à des prix élevés des combustibles fossiles, l'arrêt des aides à la production qui se profile pourrait se traduire par de nouvelles fermetures de centrales dans les prochaines années, faute de rentabilité. Une situation qui ne sera pas sans conséquences sur l'équilibre des systèmes électriques du fait de la possibilité des centrales biomasse de fonctionner en base et de répondre aux pics de demande par temps très froids. La tendance de long terme est que les biocombustibles solides seront prioritairement utilisés pour répondre aux besoins de chaleur, en utilisation directe ou via la vente de chaleur issue de chaufferies biomasse ou d'unités en cogénération. ■



SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Les centrales solaires thermodynamiques ou solaires thermiques à concentration (CSP, pour concentrated solar power) regroupent l'ensemble des technologies qui visent à transformer l'énergie du rayonnement solaire en chaleur de très haute température. Les trois technologies principales sont les centrales à tour, où des champs d'héliostats (dispositifs équipés de miroirs permettant de suivre la course du soleil) concentrent le rayonnement sur un récepteur situé en haut d'une tour, les centrales cylindro-paraboliques,

qui se composent d'alignements parallèles de longs miroirs hémicylindriques qui tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil et concentrent les rayons sur un tube horizontal, et les centrales de type Fresnel, où des rangées de miroirs plats pivotent en suivant la course du soleil pour rediriger et concentrer en permanence les rayons solaires vers un tube absorbeur. Alors qu'initialement les systèmes thermiques à concentration étaient essentiellement dédiés à la production d'électricité, de nouveaux

projets ont vu le jour dans l'Union européenne, répondant à des besoins de chaleur industrielle. Dans l'UE, les nouveaux projets CSP dédiés à la production d'électricité se font rares et sont de taille modeste. Deux centrales de 4 MW électriques de type Fresnel sont en cours de construction en Sicile.

2 333,1 MW DE PUISSANCE ÉLECTRIQUE CSP DANS L'UE FIN 2023

Selon EurObserv'ER, cinq pays de l'Union européenne disposent de capacités de production CSP dédiées à la production d'électricité pour une puissance électrique totale de 2 333,1 MW fin 2023 (puissance identique à 2022), soit le tiers de la puissance CSP mondiale. L'essentiel de la puissance CSP de l'Union européenne est implanté en Espagne (2 304 MW) et, dans une moindre mesure, en Italie (12,4 MW), en France (9,8 MW), au Danemark (5,5 MW) et en Allemagne (1,5 MW). La base de données Eurostat ne recense quant à elle que la puissance installée en Espagne. La production brute d'électricité CSP du pays a été mesurée à 5 165 GWh en 2023, en

augmentation de 13,9 % par rapport à 2022 (4 536 GWh).

Les perspectives de croissance sont actuellement limitées, avec seulement deux centrales solaires CSP de type Fresnel en cours de construction en Sicile, toutes les deux réalisées par le groupe industriel italien Fata. Il s'agit du projet Solinpar Stromboli de 4 MW situé sur la commune de Trapani, dans la province du même nom, et dont la construction a démarré en 2020 et du projet Bilancia de 4 MW situé dans la commune de Mezzojuso, dans la province de Palerme, et dont la construction a démarré en 2022. Le projet Bilancia, réalisé pour le compte de Bilancia PV SRL, utilisera un mélange de sels fondus à la fois comme fluide caloporteur et comme moyen de stockage d'énergie thermique, équivalent à 16 heures de fonctionnement continu à pleine puissance. La centrale occupera une superficie totale d'environ 145 000 m² avec une surface de miroirs d'environ 84 000 m². Le projet est la troisième centrale CSP de type Fresnel du groupe italien Fata, après le projet Partanna de 4,26 MW situé sur la commune de Partanna (province

sicilienne de Trapani) mise en service en 2022 et le projet Solinpar Stromboli en cours d'achèvement. La mise en service prochaine des centrales Solinpar Stromboli et Bilancia portera la puissance électrique des centrales solaires thermodynamiques italiennes à 20,4 MW et celles de l'Union européenne à 2 341,1 MW.

HORS D'EUROPE, DES PROJETS CSP DE TAILLE XXL

La puissance mondiale des centrales solaires thermiques à concentration est quant à elle estimée par l'Irena à 6 876 MW fin 2023 (6 576 MW fin 2022), prenant en compte 300 MW supplémentaires aux Émirats arabes unis. Cette puissance supplémentaire correspond à la mise en service en 2023 de 2 nouvelles centrales réalisées dans le cadre de la quatrième phase du parc solaire Mohammed bin Rashid Al Maktoum, développé par Dubai Electricity and Water Authority (Dewa). Il s'agit de la centrale à tour Noor Energy 1/Dewa IV (100 MW) et de la deuxième centrale cylindro-parabolique de 200 MW sur les trois du complexe cylindro-

parabolique Noor Energy 1/Dewa IV (3 x 200 MW). La quatrième phase du parc solaire Mohammed bin Rashid Al Maktoum comprendra trois centrales cylindro-paraboliques de 200 MW chacune, une centrale à tour de 100 MW, ainsi que 250 MW de panneaux solaires photovoltaïques, pour un total de 950 MW de technologies solaires. À la fin de l'année 2023, concernant la partie CSP, il ne restait plus que la troisième centrale cylindro-parabolique (en cours d'achèvement en 2024) à mettre en service, la centrale photovoltaïque étant quant à elle quasiment achevée. La centrale à tour Noor Energy 1/Dewa IV (le mot noor signifiant lumière en Arabe) a la particularité d'être la plus haute du monde avec une hauteur de 262 mètres. Elle dispose d'une capacité de stockage (de type sels fondus) de 15 heures, lui permettant de fonctionner 24 heures sur 24. La capacité de stockage des 3 centrales cylindro-paraboliques sera elle limitée à 11 heures. 2024 a également vu l'achèvement de projets importants comme la centrale à tour de Redstone en Afrique du Sud, construite par Sepco III Electric Power





1

Centrales solaires héliothermodynamiques en service* à la fin de l'année 2023 dans l'Union européenne (en MWe)

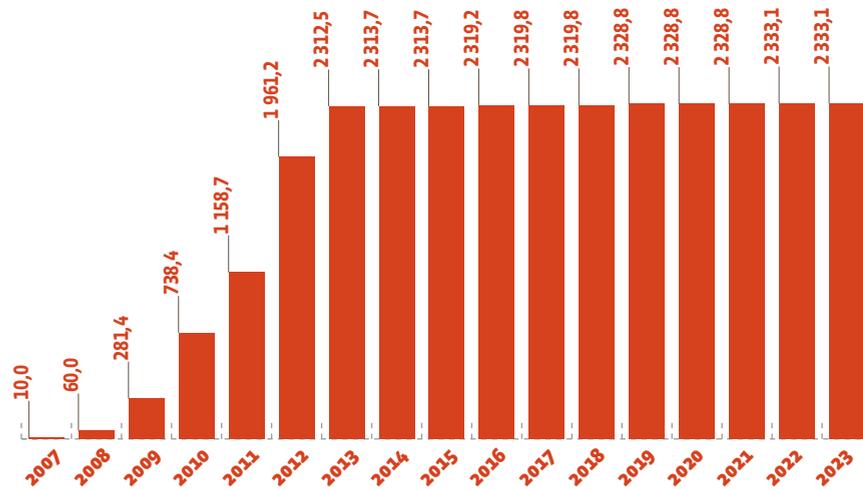
| Projet | Technologie | Puissance (MWe) | Date de mise en service |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|
| Espagne | | | |
| Planta Solar 10 | Centrale à tour | 10 | 2007 |
| Andasol-1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2008 |
| Planta Solar 20 | Centrale à tour | 20 | 2009 |
| Ibersol Ciudad Real (Puertollano) | Cylindro-parabolique | 50 | 2009 |
| Puerto Errado 1 (prototype) | Fresnel | 1,4 | 2009 |
| Alvarado I La Risca | Cylindro-parabolique | 50 | 2009 |
| Andasol-2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2009 |
| Extresol-1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2009 |
| Extresol-2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Solnova 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Solnova 3 | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Solnova 4 | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| La Florida | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Majadas | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| La Dehesa | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Palma del Río II | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Manchasol 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2010 |
| Manchasol 2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Gemasolar | Centrale à tour | 20 | 2011 |
| Palma del Río I | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Lebrija 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Andasol-3 | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Helioenergy 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Astexol II | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Arcosol-50 | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Termesol-50 | Cylindro-parabolique | 50 | 2011 |
| Aste 1A | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Aste 1B | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Helioenergy 2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Puerto Errado II | Fresnel | 30 | 2012 |
| Solacor 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Solacor 2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Helios 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Moron | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |

| | | | |
|---|---------------------------|----------------|------|
| Solaben 3 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Guzman | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| La Africana | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Olivenza 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Helios 2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Orellana | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Extresol-3 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Solaben 2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2012 |
| Termosolar Borges | Cylindro-parabolique + HB | 22,5 | 2012 |
| Termosol 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Termosol 2 | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Solaben 1 | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Casablanca | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Enerstar | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Solaben 6 | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Arenales | Cylindro-parabolique | 50 | 2013 |
| Total Espagne | | 2 303,9 | |
| France | | | |
| La Seyne-sur-Mer (prototype) | Fresnel | 0,5 | 2010 |
| Augustin Fresnel 1 (prototype) | Fresnel | 0,25 | 2011 |
| Suncnim, projet Ello | Fresnel | 9 | 2019 |
| Total France | | 9,75 | |
| Italie | | | |
| Archimede (prototype) | Cylindro-parabolique | 5 | 2010 |
| Archimede-Chiyoda Molten Salt Test Loop | Cylindro-parabolique | 0,35 | 2013 |
| Freesun | Fresnel | 1 | 2013 |
| Zasoli | Fresnel + HB | 0,2 | 2014 |
| Rende | Fresnel + HB | 1 | 2014 |
| Ottana | Fresnel | 0,6 | 2017 |
| Solinpare CSP – Partanna | Fresnel | 4,26 | 2022 |
| Total Italie | | 12,41 | |
| Danemark | | | |
| Projet Aalborg-Brønderslev CSP | | 5,5 | 2016 |
| Total Danemark | | 5,5 | |
| Allemagne | | | |
| Jülich | Centrale à tour | 1,5 | 2010 |
| Allemagne | | 1,5 | |
| Total Union européenne | | 2 333,1 | |

HB (hybride biomass). *Pilotes et prototypes inclus. Source: EurObserv'ER



Évolution de la puissance héliothermodynamique installée dans l'Union européenne (en MW)



Source: EurObserv'ER

Construction Corporation, une filiale de Powerchina. Cette centrale de 100 MW devrait produire 480 GWh d'électricité par an, soit l'équivalent de la fourniture d'électricité de 200 000 ménages sud-africain. En Chine, le projet des Trois Gorges, qui a la particularité de comporter 2 centrales à tour opposées de 50 MW chacune, a également produit ses premiers MWh en juillet 2024.

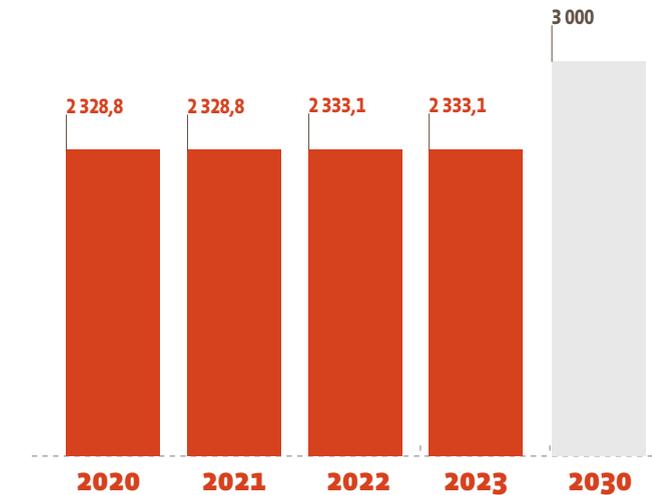
LA CHALEUR INDUSTRIELLE S'ESSAIE AU CSP

La spécificité des projets de chaleur solaire industrielle est qu'ils peuvent faire appel à un éventail technologique beaucoup plus large en fonction des besoins de température, ouvrant de nouvelles perspectives de développement aux technologies CSP, à côté des capteurs plans solaires thermiques

classiques et autres capteurs sous vide. Ces dernières années ont vu apparaître des projets de chaleur solaire industrielle de plus en plus puissants associés à des champs de capteurs à concentration de plusieurs milliers de m², voire de dizaines de milliers de m². Ce développement n'est d'ailleurs pas propre à l'Europe. La plus grande installation CSP dédiée à la chaleur solaire a été mise en service en 2024 en Chine. Il s'agit d'une installation solaire à concentration de type cylindro-parabolique de 114 000 m² (77 MWth) dédiée à un complexe touristique et de loisirs pour le chauffage des bâtiments et la production de neige. Dans l'Union européenne, plusieurs installations significatives dédiées à la production de chaleur industrielle ont été mises en service en 2023. Parmi elles, Avery Dennison, l'un des principaux fabricants mondiaux

d'emballages et de matériaux, a mis en service en septembre 2023 la plus grande plateforme solaire thermique d'Europe dans son usine de production de Turnhout, en Belgique. Le projet d'énergie renouvelable comprend un système cylindro-parabolique composé de 2 240 miroirs de surface et d'un champ de capteurs de 5 540 m², avec un rendement maximal du champ solaire de 2,7 GWh d'énergie thermique et six modules de stockage d'une capacité de 5 MWh d'énergie thermique. Le projet contribuera à fournir de la chaleur pour faire fonctionner les étuves de séchage nécessaires au processus de revêtement des produits adhésifs. En Espagne, les bonnes performances du marché 2023 de la chaleur solaire industrielle s'expliquent par un important programme d'incitations financé par le Feder en 2022, doté de 108 millions d'euros. Ce programme

Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance solaire héliothermodynamique installée de l'Union européenne à 27 (en MW)



Source: EurObserv'ER

a permis la mise en service de projets importants comme la centrale solaire thermique à concentration de type cylindro-parabolique alimentant la brasserie Heineken de Séville. La centrale, qui s'étend sur une surface de 8 hectares, dispose d'une superficie de 43 414 m² de capteurs. Avec une puissance ther-

mique de 30 MW et une capacité de stockage de 68 MWh, l'investissement permettra de réduire de plus de 60 % la consommation de gaz fossile de la brasserie. Plus récemment, en mars 2024, Heineken et Csin (société Solatom Indertec) ont mis en service la plus grande centrale solaire ther-



mique à concentration de type Fresnel pour un usage industriel (6 000 m² de miroirs plats) à Quart de Poblet (4,2 MWth), près de Valence. Construite en un temps record de huit mois seulement, cette centrale CSP devrait réduire les émissions de CO₂ d'environ 1 300 tonnes par an. D'ici fin 2024, la brasserie Heineken de Valence ambitionne de fonctionner à 42 % d'énergies renouvelables (électriques et thermiques). Le retour d'expérience positif de ces projets innovants devrait permettre à la filière CSP européenne d'essayer sur le territoire de l'Union européenne.

L'ESPAGNE MAINTIENT DES OBJECTIFS AMBITIEUX POUR 2030

Dans les prochaines années, le potentiel de développement du CSP dans l'Union européenne devrait se focaliser en Espagne. Le pays, qui a en septembre 2024 mis à jour son plan national intégré énergie climat (Pniec) 2023-2030, vise une puissance électrique CSP de 4 804 MW d'ici 2030, soit plus du double de la puissance installée actuellement dans le pays. Cette puissance pourrait contribuer aux objectifs de stockage du pays qui, dans le cadre de ce plan, ont été augmentés à 22 GW contre 20 GW précédemment. Ce potentiel regagnera la mise en œuvre très rapide de nouveaux appels d'offres, concluant cette fois, afin que la filière espagnole puisse se restructurer et construire dans la durée de nouveaux projets de grande puissance, à l'image des projets chinois et du Moyen-Orient. L'Italie, le Portugal et la Grèce n'ont en revanche pas reformulé d'objectif spécifique pour la filière CSP dans le cadre de la mise à jour de leurs Pniec respectifs. ■



ÉNERGIES MARINES

Les énergies marines, également appelées énergies océaniques, représentent un potentiel de diversification non négligeable des mix électriques des pays disposant d'une façade maritime. La filière européenne est en pleine émulation, avec des entreprises rivalisant d'ingéniosité pour imposer leur concept de turbine hydrolienne ou de houlomoteur en vue d'une production en série. La filière hydrolienne, utilisant l'énergie des courants marins, dispose d'un petit temps d'avance avec le déclenchement des premiers projets commerciaux associés à des contrats d'achat de l'électricité. Elle se situe dans une phase de retours d'expériences de prototypes à l'échelle 1, c'est-à-dire des turbines de taille « commerciale » de la classe du mégawatt. La filière houlomotrice suit de près et teste également des prototypes de plusieurs centaines de kilowatts adaptés aux différentes conditions de houle des côtes européennes. Les énergies marines rassemblent cinq types de flux énergétiques marins, regroupant chacun des technologies spécifiques qui ne

sont pas toutes au même niveau de développement : l'énergie des marées (ou énergie marémotrice), l'énergie des courants marins (ou énergie hydrolienne), l'énergie des vagues (énergie houlomotrice), l'énergie thermique des mers (ETC, qui exploite la différence de température entre le fond et la surface des océans) et l'énergie osmotique, qui exploite la différence de salinité entre l'eau douce et l'eau de mer. Les deux filières les plus actives sur le plan industriel sont celle utilisant l'énergie des courants marins et celle utilisant l'énergie des vagues.

LE CALME AVANT LA TEMPÊTE DE PROJETS

La puissance nette des projets utilisant l'énergie des vagues, marées et courants marins, telle que définie par la classification internationale des produits de l'énergie (dénommée « tide, wave and ocean » en anglais), fait l'objet d'un suivi statistique officiel par Eurostat. Actuellement, seuls deux pays de l'Union européenne à 27 assurent un suivi de la puissance nette et de la production brute d'électricité des énergies marines, à savoir

la France et l'Espagne. En France, les données fournies par le Sdes (Service des données et études statistiques) des ministères chargés de l'Environnement, de l'Énergie, de la Construction, du Logement et des Transports recense la puissance et la production d'électricité de l'usine marémotrice de La Rance ainsi que de l'hydrolienne Sabella sur l'île d'Ouessant, en Bretagne. La puissance maximale nette des énergies marines mesurée en France s'établissait à 211,8 MW en 2023 pour une production de 449,3 GWh (490,5 GWh en 2022). En Espagne, le ministère de la Transition écologique ne comptabilise quant à lui que la puissance et la production de la centrale océanothermique d'Enagas et la puissance de la centrale à vagues de Mutriku de 296 kW, soit fin 2023 une puissance totale de 4,8 MW et une production de 12 GWh (23 GWh en 2022). Les autres pays de l'UE qui disposent de démonstrateurs et de prototypes, sollicités dans le cadre de ce baromètre, ont pour l'instant fait le choix de ne pas assurer de suivi via Eurostat, du fait des faibles niveaux de production et de règles afférant au secret statistique.

Faire un inventaire de la puissance des projets en activité utilisant les énergies marines n'est pas une tâche aisée du fait de la quantité des projets en phase de test. Les prototypes, qu'ils soient reliés au réseau ou non, ne font pas l'objet d'un suivi statistique systématique de la part des organismes officiels, et le turnover incessant des prototypes (phases d'immersion, d'amélioration, de maintenance et de mise hors service), parfois testés sur des durées relativement courtes, ne facilite pas non plus un décompte précis des projets. En Europe, un suivi est toutefois réalisé par l'association Ocean Energy Europe qui permet d'avoir une idée de la puissance installée dans les eaux européennes des machines et parcs ayant été en activité durant l'année. Le tableau 1 présente ainsi un autre indicateur de suivi de la puissance installée des énergies marines, prenant en compte cette fois la puissance des prototypes, démonstrateurs précommerciaux et commerciaux ayant été en activité (immergée) durant l'année 2023 dans les pays de l'UE. La puissance énergie océanique de l'Union européenne à 27 augmente

ainsi à 247 MW en 2023, incluant les 240 MW de puissance de l'usine marémotrice de La Rance en France et les 4,5 MW de la centrale océanothermique du terminal méthanier de regazéification d'Enagas en Espagne. S'y ajoutent 1,5 MW de projets d'énergie des courants (hydroliennes) et 0,9 MW de convertisseurs à énergie à vagues (données arrondies), en incluant les îles Féroé. Le Royaume-Uni, dont les centres de tests accueillent nombre de projets financés par des programmes européens, ajoute 10,33 MW supplémentaires, dont 10,3 MW de projets utilisant l'énergie des courants et deux petits prototypes houlomoteurs. L'énergie des courants (tidal stream energy) exploite l'énergie cinétique des courants de marées et les courants océaniques. Elle est généralement captée par des machines de type hydroliennes, posées ou ancrées sur les fonds marins ou, dans le cas des hydroliennes flottantes, arrimées sous une barge ou une plateforme, le plus souvent équipée de deux turbines. Il existe une multitude de technologies capables de développer le potentiel hydrolien,

comme les turbines à flux axial, les turbines à flux transverse et les profils oscillants comme les ailes sous-marines. Les hydroliennes, à puissance équivalente, sont beaucoup plus petites que les éoliennes, ce qui s'explique par une masse volumique de l'eau 833 fois plus importante que celle de l'air. Les autres avantages sont leur impact visuel limité pour les modèles complètement immergés ou de faible hauteur et une moindre contrainte sur le plan de la navigation pour les machines posées ou ancrées sur le fond marin et ne dépassant pas de la surface. Selon Ocean Energy Europe, dans sa publication « Ocean energy, key trend and statistics 2023 », parue en avril 2024, l'Europe cumule depuis 2010 une puissance de 30,5 MW de projets hydroliens utilisant les courants marins, dont 11,75 MW étaient encore immergés dans les eaux européennes en 2023 (Union européenne, Royaume-Uni et Norvège). En 2023, seules 4 machines ont été déployées en Europe (2 en Écosse et 2 en France) pour une puissance cumulée de 280 kW (200 kW en Écosse et 80 kW en France). Selon Ocean Energy



1

Liste des projets* utilisant les énergies océaniques ayant été en activité durant l'année 2023

| Projet | Développeur de la machine | Nom de la machine | Technologie | Localisation | Année | Puissance totale (en MW) |
|---|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------|
| France | | | | | | |
| Usine marémotrice de La Rance | Alstom | Bulb Turbine (La Rance) | Marémotrice | Bretagne-La Rance | 1966 | 240,00 |
| Projet Dikwe | Groupe Legendre & GEPS techno | Dikwe | Vague | Brest | 2022 | 0,01 |
| Île d'Ouessant | Sabella | D10 | Énergie des courants | Île d'Ouessant | 2021 | 1,00 |
| Bordeaux | Hydrokinetic | Evo25 | Énergie des courants | Bordeaux | 2022 | 0,025 |
| Brest | EEL Energy | EEL | Énergie des courants | Brest | 2022 | 0,03 |
| Fleuve Rhône | EEL Energy | EEL | Énergie des courants | Lyon | 2023 | 0,03 |
| Projet H2020 Element | Nova Innovation | RE50 | Énergie des courants | Étel | 2023 | 0,05 |
| Nantes (SEM-REV) | GEPS Techno | Wavegem | Vague | Nantes | 2023 | 0,01 |
| Total France | | | | | | 241,16 |
| Espagne | | | | | | |
| Centrale Enagas de la Huelva** | Enagas | Enagas Huelva plant | Énergie thermique des mers | Huelva, Andalousie | 2013 | 4,5 |
| Ente Vasco de la Energia (EVE) | Voith Hydro | Mutriku | Vague | Pays basque | 2011 | 0,296 |
| Projet de Valence | Rotary Wave | Rotary Wave | Vague | Valence | 2023 | 0,02 |
| Total Espagne | | | | | | 4,82 |
| Pays-Bas | | | | | | |
| 100 kW VAWT Flessingue | Water2Energy | Vawt | Énergie des courants | Flessingue | 2021 | 0,1 |
| Total Pays-Bas | | | | | | 0,1 |
| Portugal | | | | | | |
| Projet HiWave-5 | CorPower Ocean | C4 | Vague | Aguçadoura | 2023 | 0,3 |
| Total Portugal | | | | | | 0,3 |
| Danemark | | | | | | |
| Centrale pilote d'Afsluitdijk | Redstack | TRL7 | Énergie osmotique | Breezanddijk sur l'Afsluitdijk | 2014 | 0,05 |
| Projet commercial SEV (1 ^{re} machine) | Minesto | DG100 | Énergie des courants | Vestmannaund (Îles Féroé) | 2020 | 0,1 |
| Projet commercial SEV (2 ^{de} machine) | Minesto | DG100 | Énergie des courants | Vestmannaund (Îles Féroé) | 2021 | 0,1 |
| Total Danemark | | | | | | 0,25 |

Continues overleaf



| Italie | | | | | | |
|---|--------------|-----------|----------------------|------------------------------------|------|--------------|
| Projet test de Messina Strait | ADAG | Kobold | Énergie des courants | Détroit de Messine | 2000 | 0,05 |
| Projet test de Civitavecchia | Wavenergy | Rewec3 | Vague | Civitavecchia | 2016 | 0,02 |
| Projet Iswec | Eni | Iswec | Vague | Île Pantelleria – Mer Méditerranée | 2023 | 0,26 |
| Total Italie | | | | | | 0,33 |
| Slovénie | | | | | | |
| Adriatique | Sigma Energy | Sigma WEC | Énergie des vagues | Mer Adriatique | 2022 | 0,03 |
| Total Slovénie | | | | | | 0,03 |
| Total UE 27 | | | | | | 247,0 |
| * Incluant les démonstrateurs et les prototypes durant leur phase de test. ** Le projet de Huelva exploite la différence de température entre l'océan et le gaz naturel liquéfié. Source: Ocean Energy Europe | | | | | | |

Europe, ce chiffre est légèrement inférieur à la moyenne annuelle des déploiements européens au cours des dernières années, car les développeurs recherchent actuellement des financements pour leurs prochaines fermes précommerciales. Les prochaines augmentations de capacité significatives issues de ces projets précommerciaux ne sont pas attendues avant 2026-2027. Concernant les projets français en 2023, le plus important est celui porté par la start-up écossaise Nova Innovation, qui a testé dans la ria d'Étel (Morbihan) son hydrolienne RE50 (une turbine à axe horizontal d'une puissance de 50 kW). Cette machine a été développée dans le cadre du projet européen Element, abréviation d'Effective Lifetime Extension in the Marine Environment for Tidal Energy, projet de 5 millions d'euros financé par l'UE. Le projet vise à montrer

comment l'intelligence artificielle peut réduire le coût de l'énergie marémotrice d'environ 17% avec des machines idéalement situées dans les estuaires ou les rivières. La deuxième hydrolienne installée en France en 2023 est une machine fluviale flottante de 30-50 kW mise à l'eau sur le Rhône à proximité de Lyon, développée par EEL Energy. Il s'agit d'une hydrolienne biomimétique (qui s'inspire du mode de propulsion de certains poissons pouvant atteindre 110 km/heure) qui exploite l'ondulation d'une membrane sous l'effet de courants fluviaux ou marins entre 1,2 et 3,5 m/s. EEL Energy précise qu'il s'agit de la première ferme hydrolienne fluviale de France reliée au réseau avec la possibilité de mettre jusqu'à 4 machines dans le cadre d'une concession et d'accords passés avec Voies Navigables de France. Au Royaume-Uni, c'est une nouvelle fois Nova Innovation qui a été à la

manœuvre avec la mise à l'eau en 2023 de deux nouvelles machines dans son parc marémoteur situé dans les îles écossaises du Shetland, soit la cinquième et la sixième machines en activité sur le site. Il s'agit de turbines à axe horizontal de type Nova M100 D, nommées Grace et Hali Hope. Ce projet a bénéficié du programme de l'Union européenne EU Horizon 2020. Concernant les projets houlomoteurs, Ocean Energy Europe a comptabilisé entre 2010 et 2023 pas moins de 13,3 MW de projets installés en Europe (UE, Royaume-Uni, Norvège), dont 12,3 MW ont été mis hors service après l'achèvement des programmes d'essais et de démonstration. La puissance cumulée des projets houlomoteurs en activité en 2023 est donc de 1 MW essentiellement située dans les eaux des pays de l'Union européenne (Espagne, Portugal, Italie, France, Slovénie). L'Europe

du Sud est actuellement au cœur du développement des projets houlomoteurs avec 4 nouveaux projets mis en service en 2023 pour une puissance cumulée de 590 kW. Le houlomoteur le plus puissant mis à l'eau a été mis en service par CorPower Ocean dans le nord du Portugal. Le convertisseur énergétique CorPower C4 de 300 kW, de type absorber ponctuel (point absorber), a été lancé dans le port de Viana do Castelo, avant d'être remorqué jusqu'au site d'Aguçadoura situé à 4 km au large. Après avoir été connecté à une ancre préinstallée sur le fond marin, le dispositif a été connecté au réseau national portugais via un câble d'exportation sous-marin. L'objectif de CorPower Ocean est désormais de passer à la production en série en développant une offre commerciale rentable. Ce houlomoteur a pu voir le jour grâce au projet Hiwave-5

financé par l'Agence suédoise de l'énergie et Portugal 2020 via Aicep Global (Norte2020) et CCDR-N. CorPower Ocean a également reçu de nombreux soutiens financiers de la part de la Commission européenne, d'EIT InnoEnergy, de Wave Energy Scotland, de Core-Spring New Technology, d'Almi Invest Greentech, de SEB Greentech VC et d'autres investisseurs privés. En Italie, ENI a achevé en mars 2023 l'installation de son houlomoteur Iswec au large des côtes de l'île de Pantelleria, située dans le détroit de Sicile, en mer méditerranée. L'appareil, situé à 800 mètres des côtes et pouvant délivrer jusqu'à 260 kW de puissance, a été raccordé via un câble électrique sous-marin au réseau de l'île de Pantelleria. Iswec a été développé par ENI, en collaboration avec l'école polytechnique de Turin (Politecnico di Torino) et Wave for Energy, une société spin-

off de l'université. L'appareil est constitué d'une coque en acier de 8 mètres sur 15, qui abrite le système de conversion d'énergie, constitué de deux unités gyroscopiques de plus de 2 mètres de diamètre chacune. Il est maintenu en place dans un fond marin de 35 mètres de profondeur par un système d'amarrage spécial. De plus petite taille (20 kW), la société espagnole Rotary Wave a mis en service son houlomoteur, de type absorber ponctuel, sur son site de test de La Pobra de Farnals, près de Valence, en Espagne. En France, la société française Geps Techno a testé en 2023 avec succès sa bouée laboratoire WaveGem (10 kW) dédiée à la production d'hydrogène en mer. Pour ce test, la bouée a été raccordée au réseau du site de test du SEM-REV au large du Croisic. La mise à l'eau a été effectuée en juin 2023 pour une durée



2

Puissance* et production d'électricité des énergies océaniques dans les pays de l'Union européenne en 2022 et 2023 (en GWh)

| | 2022 | | 2023 | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | MW | GWh | MW | GWh |
| France** | 212,1 | 490,5 | 211,8 | 449,3 |
| Espagne | 4,8 | 23,0 | 4,8 | 12,0 |
| Total EU 27 | 216,9 | 513,5 | 216,6 | 461,3 |

* Puissance électrique maximale nette. ** Production d'électricité excluant le pompage-turbinage. Note: La plupart des pays disposant de démonstrateurs ou de prototypes d'énergies marines ne les incluent pas officiellement dans les données de capacité et de production communiquées à Eurostat. Source: Eurostat



de plusieurs mois. Aujourd'hui terminé, le projet a prouvé la faisabilité de produire de l'hydrogène en milieu totalement isolé.

DÉBUT DE L'ÈRE DE L'INDUSTRIALISATION

Le secteur des énergies marines va entrer dans une nouvelle phase, celle de l'industrialisation et de la production en série. Selon Ocean Energy Europe, il existe un pipeline de projets de 137 MW en Europe soutenus à la fois par des programmes de l'Union européenne et des régimes de soutien nationaux, ce qui constitue une assise solide pour les financiers et les investisseurs industriels. L'énergie des courants marins regroupe à elle seule de l'ordre

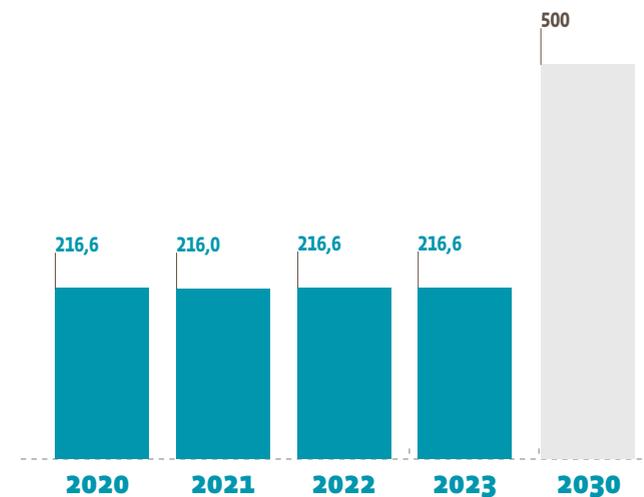
d'une centaine de MW de projets de fermes précommerciales en cours de développement, certes majoritairement au Royaume-Uni, mais aussi en France avec HydroQuest (17,5 MW) dans le cadre du projet FloWatt. Le projet français, situé en Normandie, dans le Raz Blanchard, l'un des courants de marée les plus énergétiques de la planète, sera la ferme hydrolienne la plus puissante jamais déployée à l'échelle de l'Union européenne. Développé par Qair, Hydroquest et leur actionnaire de référence CMN (partenaire industriel), il a reçu en 2023 le soutien de l'État français au travers d'un investissement de 75 millions d'euros et d'un tarif préférentiel de l'électricité

produite dans le cadre du Plan France 2030. La ferme pilote disposera d'une puissance totale de 17,5 MW grâce à 7 hydroliennes de type HQ 2.5 qui seront fabriquées à Cherbourg par CMN, avec une production annuelle équivalente à la consommation d'électricité de 20 000 habitants. Les turbines seront immergées à 3 km des côtes, à une profondeur de 30-35 mètres, et seront donc complètement invisibles. Le chantier du projet FloWatt débutera en 2025 avec une mise en service prévue pour 2027.

Une accélération des projets houlomoteurs est également attendue dans les 5 prochaines années, notamment en Espagne, au Portugal et en Irlande. Parmi les plus importants, il y a le projet irlandais de ferme précommerciale Saoirse mené par Simply Blue et l'opérateur national d'électricité ESB dans le cadre d'une coentreprise 50-50. Sous réserve des autorisations nécessaires et d'un raccordement au réseau, le projet devrait être achevé d'ici le milieu ou la fin des années 2020. Le parc houlomoteur de 5 MW, qui sera équipé de 14 convertisseurs de type CorPower Ocean C4, sera situé dans les eaux irlandaises à proximité de la côte du comté de Clare. À plus brève échéance, le projet HiWave-5 de CorPower Ocean (1,2 MW) permettra au Portugal de disposer de son premier parc houlomoteur raccordé au réseau de taille commerciale dès cette année (2025). ■

3

Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance nette* des énergies océaniques de l'Union européenne à 27 (en MW)



* Puissance électrique maximale nette. Note: La plupart des pays disposant de démonstrateurs ou de prototypes d'énergies marines ne les incluent pas officiellement dans les données de capacité et de production communiquées à Eurostat. Source: EurObserv'ER



ENR DANS LES TRANSPORTS

La décarbonation des transports, qui dans leur ensemble (routiers, aériens, ferrés ou navals) représentent dans l'Union européenne de l'ordre du quart des émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO₂ (regroupant CO₂, CH₄, N₂O, HFC), est un des enjeux clés de la lutte contre le changement climatique. Cet enjeu est aussi un sujet de politique stratégique pour l'Union européenne, compte tenu des choix technologiques à mettre en place sur le long terme et des implications sur l'industrie des transports et sur l'économie européenne confrontée à une concurrence internationale, chinoise en particulier, extrêmement agressive. Les énergies renouvelables dans les transports proviennent principalement des biocarburants mélangés dans les carburants essence et diesel, auxquels s'ajoutent le biogaz utilisé dans les véhicules fonctionnant au gaz naturel et le biokérosène dans l'aviation. À une moindre échelle, de l'électricité renouvelable est également utilisée dans les transports, majoritairement dans le transport ferroviaire et, de manière croissante, dans le

transport routier, avec l'essor des véhicules 100 % électriques et hybrides rechargeables.

UNE PART ENR DANS LES TRANSPORTS MESURÉE À 10,8 % EN 2023

Selon Eurostat, la consommation d'énergies renouvelables durables (conforme aux exigences de la directive 2018/2001, dite RED II) dans les transports de l'Union européenne, qu'ils soient routiers, ferroviaires, maritimes ou aériens, fonctionnant avec des motorisations thermiques ou électriques, a augmenté de l'ordre de 5,3 % entre 2022 et 2023, à près de 20,5 Mtep. La consommation énergie renouvelable prise en compte dans les objectifs transports de la directive énergies renouvelables est plus importante car elle intègre des bonifications pour les biocarburants les plus vertueux d'origine non alimentaires utilisés dans les transports routiers et aériens et pour l'utilisation de l'électricité renouvelable dans les transports routiers et ferroviaires. Les bonifications comptabilisées pour le suivi de l'objectif dans

les transports ont cependant été révisées à la baisse dans la directive RED II par rapport à la RED I. Dans le détail, l'électricité renouvelable utilisée par des véhicules électriques est multipliée par 4 au lieu de 5, et l'électricité renouvelable utilisée dans le transport ferroviaire est multipliée par 1,5 au lieu de 2,5. La RED II introduit également des bonifications pour les biocarburants du secteur aérien : leur consommation est multipliée par 1,2. Les consommations de biocarburants produits à partir de déchets, résidus ou matière cellulosique non alimentaire (y compris celles des biocarburants du secteur aérien) conservent la même bonification que dans la méthodologie RED I et sont toujours multipliées par 2. Avec ces bonifications, la consommation d'énergie renouvelable prise en compte a été mesurée à 29,5 Mtep en 2023 contre 26,2 Mtep en 2022, comparé à une consommation énergétique totale dans les transports (avec multiplicateurs) de 272,2 Mtep en 2023 contre 272,0 Mtep en 2022. La part énergies renouvelables dans les transports de l'Union européenne

est passée ainsi de 9,6 % en 2022 à 10,8 % en 2023, soit 1,2 point de pourcentage de plus. Le seuil symbolique des 10 %, qui constituait l'objectif 2020 de la première directive énergies renouvelables 2009/28/CE (dite RED I) est donc de nouveau franchi (il avait été mesuré à 10,3 % en 2020), mais avec les nouvelles règles de calcul moins avantageuses (mais plus durables) de la RED II. Il convient de préciser que si la législation énergies renouvelables européenne a été révisée en 2023, les nouvelles règles de calcul et les nouveaux objectifs fixés par la directive 2023/2413 (dite RED III) ne s'appliqueront qu'à partir de 2025 (voir plus loin). Jusqu'en 2024 (et depuis 2021), ce sont les règles de calcul de la directive 2018/2001 (RED II) qui s'appliquent pour calculer la part des énergies renouvelables dans les transports.

UNE UNION EUROPÉENNE À PLUSIEURS VITESSES EN MATIÈRE D'ENR DANS LES TRANSPORTS

Parmi les États membres de l'Union européenne, la part des énergies renouvelables dans les transports

est extrêmement variable. Elle allait en 2023 de 33,6 % en Suède et de 20,6 % en Finlande à 1,4 % en Lettonie et 0,9 % en Croatie. La Suède fait figure d'exemple avec une forte utilisation de biocarburants avancés et une part de marché très élevée des véhicules électriques. En plus de la Suède et de la Finlande, 11 autres pays de l'UE disposaient en 2023 d'une part égale ou supérieure à 10 %, soit la Slovaquie (10 %), la France (10 %), l'Italie (10,3 %), Malte (10,7 %), le Danemark (10,8 %), le Portugal (11,2 %), l'Allemagne (11,9 %), l'Espagne (12 %), la Belgique (12,1 %), l'Autriche (13,2 %) et les Pays-Bas (13,4 %).

Si, à l'échelle de l'Union européenne, la part des énergies renouvelables dans les transports est en augmentation de 1,2 point de pourcentage, la situation est plus contrastée au niveau des pays membres avec 6 pays qui ont vu leur part diminuer et 21 augmenter. Les baisses les plus franches concernent la Lettonie (- 1,8 pp) et la Croatie (- 1,5 pp), et s'expliquent par une diminution de leur consommation de biocarburant. Les hausses les plus franches sont à mettre à l'actif

de la Suède (+ 4,8 pp), de l'Autriche (+ 2,5 pp), du Portugal (+ 2,5 pp) et des Pays-Bas (+ 2,4 pp). En Suède, en 2023, la hausse ne s'explique pas par une augmentation de la consommation de biocarburant durable bénéficiant de la double comptabilisation (x 2), qui au contraire baisse nettement, mais par une forte hausse de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports routiers (x 4) associée à une baisse de la consommation énergétique totale consommée dans les transports. Le pays, grand producteur de biocarburants avancés produits à partir d'huile de tall, a fait le choix en 2023 de privilégier les exportations. À l'échelle de l'Union européenne cependant, l'augmentation en 2023 de la part des énergies renouvelables consommées dans les transports s'explique à la fois par un accroissement de la consommation des biocarburants liquides ou gazeux et par une hausse de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports.



1

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2022 (en ktep)

| | Biodiesel | Bioessence | Autres biocarburants liquides | Total biocarburants liquides | Biogaz* | Total biocarburants | Biocarburants conformes** | Biocarburants conformes % |
|--------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| France | 2 211,1 | 849,5 | 33,6 | 3 094,3 | 3,6 | 3 097,9 | 3 097,9 | 100,0 % |
| Allemagne | 2 207,7 | 748,0 | 1,9 | 2 957,6 | 91,3 | 3 048,9 | 2 937,5 | 96,3 % |
| Suède | 1 405,1 | 150,8 | 0,0 | 1 555,9 | 120,3 | 1 676,2 | 1 676,2 | 100,0 % |
| Italie | 1 354,1 | 35,0 | 0,0 | 1 389,1 | 184,9 | 1 573,9 | 1 573,0 | 99,9 % |
| Espagne | 1 327,6 | 118,6 | 0,0 | 1 446,2 | 0,0 | 1 446,2 | 1 445,5 | 100,0 % |
| Pologne | 971,5 | 231,9 | 0,0 | 1 203,4 | 0,0 | 1 203,4 | 1 203,4 | 100,0 % |
| Belgique | 603,7 | 159,3 | 0,0 | 763,0 | 0,1 | 763,0 | 763,0 | 100,0 % |
| Pays-Bas | 299,9 | 251,1 | 20,0 | 571,0 | 40,7 | 611,7 | 611,7 | 100,0 % |
| Roumanie | 441,0 | 143,9 | 0,0 | 584,9 | 0,0 | 584,9 | 584,9 | 100,0 % |
| Finlande | 426,3 | 118,6 | 0,0 | 545,0 | 26,5 | 571,5 | 545,8 | 95,5 % |
| Autriche | 351,8 | 51,6 | 0,1 | 403,5 | 0,4 | 403,9 | 403,9 | 100,0 % |
| Portugal | 315,4 | 25,7 | 0,0 | 341,1 | 0,0 | 341,1 | 341,1 | 100,0 % |
| Tchéquie | 259,8 | 63,2 | 0,0 | 323,0 | 0,0 | 323,0 | 323,0 | 100,0 % |
| Hongrie | 212,7 | 90,2 | 0,0 | 302,9 | 0,0 | 302,9 | 302,9 | 100,0 % |
| Danemark | 164,9 | 79,9 | 0,0 | 244,8 | 8,8 | 253,6 | 242,7 | 95,7 % |
| Irlande | 204,3 | 23,3 | 2,0 | 229,6 | 0,9 | 230,6 | 230,6 | 100,0 % |
| Grèce | 148,7 | 67,9 | 0,0 | 216,5 | 0,0 | 216,5 | 160,8 | 74,2 % |
| Bulgarie | 165,2 | 20,9 | 0,0 | 186,1 | 0,0 | 186,1 | 183,1 | 98,4 % |
| Slovaquie | 140,6 | 28,1 | 0,0 | 168,7 | 0,0 | 168,7 | 168,7 | 100,0 % |
| Luxembourg | 107,8 | 19,9 | 0,0 | 127,7 | 0,0 | 127,7 | 127,7 | 100,0 % |
| Lituanie | 99,9 | 19,7 | 0,0 | 119,6 | 0,0 | 119,6 | 119,6 | 100,0 % |
| Slovénie | 73,3 | 6,5 | 0,0 | 79,7 | 0,0 | 79,7 | 78,6 | 98,6 % |
| Estonie | 26,0 | 2,0 | 0,0 | 28,0 | 12,9 | 40,9 | 40,9 | 100,0 % |
| Chypre | 24,9 | 0,0 | 0,0 | 24,9 | 0,0 | 24,9 | 24,9 | 100,0 % |
| Croatie | 20,8 | 0,2 | 0,0 | 21,0 | 0,0 | 21,0 | 21,0 | 100,0 % |
| Lettonie | 5,6 | 10,1 | 0,0 | 15,8 | 0,0 | 15,8 | 15,8 | 100,0 % |
| Malte | 12,6 | 0,0 | 0,0 | 12,6 | 0,0 | 12,6 | 12,6 | 100,0 % |
| Total EU 27 | 13 582,2 | 3 315,8 | 57,7 | 16 955,8 | 490,4 | 17 446,2 | 17 236,5 | 98,8 % |

* Possibilité d'allouer au secteur des transports du biométhane produit localement injecté dans le réseau de gaz naturel avec des exigences de traçabilité appropriées. ** Biocarburants conformes (article 29 et 30 de la directive 2018/2001 EU). Note : La répartition entre les types de biocarburants a été estimée par EurObserv'ER. Source : Shares Eurostat (« Total et biocarburants conformes »)

UNE CONSOMMATION EUROPÉENNE DE BIOCARBURANT DE PLUS EN PLUS VERTUEUSE

Selon les données Eurostat, la consommation de biocarburants durables (conformes aux exigences de la RED II), qu'ils soient liquides ou gazeux, est passée de 17,2 Mtep à 18,1 Mtep (+ 843 ktep), en croissance de 4,9 %. Comme en 2022, la quasi-totalité des biocarburants consommés dans les transports a été certifiée durable (98,8 % en 2022 et 99,0 % en 2023). En 2023, seuls 185,8 ktep de biocarburants n'ont pas obtenu de certification.

Cette hausse de la consommation de biocarburant durable s'explique uniquement par une augmentation de la consommation des biocarburants non issus de cultures alimentaires, dont la contribution peut être considérée comme équivalente au double de leur contenu énergétique dans les objectifs, qui est passé de 6,7 Mtep en 2022 à 7,6 Mtep en 2023 (+ 865,2 ktep), soit une hausse 12,9 %. Cette double comptabilité concerne les biocarburants qualifiés d'avancés, produits à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX, partie A, de la RED II et les biocarburants produits à partir d'huiles de cuisson usagées ou de certaines graisses animales (matières premières énumérées à l'annexe IX, partie B). Il convient de préciser que la prise en compte de la contribution aux objectifs de l'Union européenne des biocarburants produits à partir d'huiles de cuisson usagées ou de certaines graisses animales est plafonnée par la RED II, excepté à Chypre et à Malte, à 1,7 % du contenu



2

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2023 (en ktep)

| | Biodiesel | Bioessence | Autres bio-carburants liquides | Total biocarburants liquides | Biogaz* | Total biocarburants | Biocarburants conformes** | Biocarburants conformes % |
|--------------------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| France | 2 352,6 | 844,7 | 54,8 | 3 252,1 | 5,4 | 3 257,4 | 3 249,5 | 99,8 % |
| Allemagne | 2 210,8 | 786,7 | 2,4 | 3 000,0 | 124,3 | 3 124,2 | 3 041,9 | 97,4 % |
| Espagne | 1 792,2 | 151,9 | 0,2 | 1 944,3 | 0,0 | 1 944,3 | 1 941,6 | 99,9 % |
| Italie | 1 414,7 | 85,1 | 14,0 | 1 513,8 | 225,2 | 1 739,0 | 1 738,8 | 100,0 % |
| Suède | 1 248,6 | 188,1 | 12,6 | 1 449,4 | 125,9 | 1 575,3 | 1 575,3 | 100,0 % |
| Pologne | 865,3 | 243,6 | 0,0 | 1 108,9 | 0,0 | 1 108,9 | 1 109,0 | 100,0 % |
| Belgique | 597,3 | 174,0 | 0,0 | 771,3 | 0,1 | 771,3 | 771,3 | 100,0 % |
| Pays-Bas | 289,1 | 257,5 | 63,1 | 609,6 | 37,1 | 646,8 | 646,8 | 100,0 % |
| Finlande | 421,4 | 136,6 | 4,2 | 562,3 | 31,3 | 593,6 | 563,0 | 94,8 % |
| Roumanie | 379,1 | 154,8 | 0,0 | 533,9 | 0,0 | 533,9 | 533,9 | 100,0 % |
| Autriche | 395,1 | 99,8 | 0,1 | 495,0 | 0,6 | 495,6 | 495,6 | 100,0 % |
| Portugal | 340,3 | 25,4 | 0,9 | 366,7 | 0,0 | 366,7 | 366,6 | 100,0 % |
| Hongrie | 224,0 | 87,0 | 0,0 | 311,0 | 0,0 | 311,0 | 311,0 | 100,0 % |
| Tchéquie | 241,3 | 62,6 | 0,0 | 303,8 | 0,1 | 303,9 | 303,9 | 100,0 % |
| Irlande | 249,3 | 32,8 | 0,3 | 282,3 | 2,0 | 284,4 | 283,8 | 99,8 % |
| Danemark | 134,0 | 84,0 | 0,0 | 218,0 | 10,8 | 228,8 | 224,6 | 98,1 % |
| Grèce | 148,7 | 67,9 | 0,0 | 216,5 | 0,0 | 216,5 | 160,8 | 74,2 % |
| Bulgarie | 152,7 | 21,1 | 0,0 | 173,7 | 0,0 | 173,7 | 173,7 | 100,0 % |
| Slovaquie | 126,4 | 38,7 | 0,0 | 165,1 | 0,0 | 165,1 | 165,1 | 100,0 % |
| Luxembourg | 99,8 | 23,3 | 0,6 | 123,8 | 0,0 | 123,8 | 123,8 | 100,0 % |
| Lituanie | 97,5 | 20,4 | 0,0 | 117,9 | 0,0 | 117,9 | 117,9 | 100,0 % |
| Slovénie | 85,5 | 8,6 | 0,0 | 94,2 | 0,0 | 94,2 | 94,2 | 100,0 % |
| Estonie | 20,1 | 2,3 | 0,0 | 22,4 | 16,0 | 38,4 | 38,4 | 100,0 % |
| Chypre | 25,3 | 0,0 | 0,0 | 25,3 | 0,0 | 25,3 | 25,3 | 100,0 % |
| Malte | 13,3 | 0,0 | 0,0 | 13,3 | 0,0 | 13,3 | 13,3 | 100,0 % |
| Lettonie | 3,2 | 8,7 | 0,0 | 11,9 | 0,0 | 11,9 | 1,1 | 9,0 % |
| Croatie | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 100,0 % |
| Total EU 27 | 13 927,6 | 3 605,6 | 153,3 | 17 686,5 | 578,9 | 18 265,4 | 18 070,1 | 98,9 % |

* Possibilité d'allouer au secteur des transports du biométhane produit localement injecté dans le réseau de gaz naturel avec des exigences de traçabilité appropriées. ** Biocarburants conformes (article 29 et 30 de la directive 2018/2001 EU). Note : La répartition entre les types de biocarburants a été estimée par EurObserv'ER. Source : Shares Eurostat (« Total et biocarburants conformes »)

énergétique des carburants destinés au secteur des transports. L'importation et l'utilisation de ces carburants ne sont pas limitées par ce plafonnement, qui concerne uniquement leur contribution aux objectifs de l'Union européenne. Les colégislateurs de la RED II ont notamment pris cette décision afin de privilégier l'utilisation de carburants renouvelables avancés et innovants. Dans le détail, selon les données détaillées de l'outil Shares d'Eurostat de chaque pays membre, la consommation de biocarburants avancés dans l'Union européenne a augmenté de 2,8 Mtep en 2022 à 4,3 Mtep en 2023 (+ 50,9 %) et la consommation de biocarburants produits à partir d'huiles de cuisson usagées et de graisses animales a diminué de 3,9 Mtep en 2022 à 3,3 Mtep en 2023 (- 14,6 %). Selon EurObserv'ER, la croissance significative de la consommation de biocarburants avancés s'explique par les importants investissements réalisés par certains grands groupes énergétiques, le plus souvent des groupes pétroliers (Neste, Preem, Eni, Shell, UPM, St1...), mais aussi par la possibilité technique de certaines raffineries de production de biodiesel HVO (hydrotreated vegetable oil), également nommé HDRD (hydrogenation-derived renewable diesel), de modifier leurs sources d'approvisionnement en utilisant des matières premières éligibles. Le challenge pour ces industriels est de trouver ces matières premières très recherchées sur le marché mondial et de sécuriser leur approvisionnement. Ces investissements concernent également les carburants durables d'aviation (SAF) comme le biokérozène, dont la consommation tend



3

Consommation de biocarburant dont les matières premières utilisées sont considérées comme équivalent au double de leur contenu énergétique en 2022 et 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | 2023 | | |
|--------------------|------------------------------------|---|----------------|------------------------------------|---|----------------|
| | Biocarburants avancés ¹ | Huiles de cuisson usagées et graisses animales ² | Total | Biocarburants avancés ¹ | Huiles de cuisson usagées et graisses animales ² | Total |
| Allemagne | 476,9 | 642,4 | 1 119,3 | 1 330,7 | 336,3 | 1 667,1 |
| Italie | 612,9 | 857,6 | 1 470,5 | 833,2 | 570,5 | 1 403,7 |
| Espagne | 767,7 | 401,3 | 1 168,9 | 805,1 | 501,3 | 1 306,3 |
| Suède | 231,6 | 565,6 | 797,2 | 240,7 | 329,8 | 570,6 |
| Pays-Bas | 167,7 | 298,0 | 465,7 | 235,0 | 253,7 | 488,7 |
| France | 139,1 | 200,4 | 339,4 | 204,8 | 268,8 | 473,6 |
| Portugal | 96,3 | 172,0 | 268,3 | 182,6 | 123,1 | 305,7 |
| Irlande | 30,4 | 187,6 | 218,0 | 58,0 | 203,6 | 261,6 |
| Hongrie | 36,8 | 127,3 | 164,1 | 14,7 | 143,6 | 158,2 |
| Belgique | 28,4 | 55,3 | 83,7 | 88,5 | 51,9 | 140,5 |
| Autriche | 0,0 | 18,0 | 18,0 | 0,0 | 122,2 | 122,2 |
| Finlande | 77,9 | 5,7 | 83,6 | 78,9 | 7,4 | 86,3 |
| Pologne | 1,9 | 28,0 | 30,0 | 6,4 | 79,9 | 86,3 |
| Slovénie | 27,0 | 41,8 | 68,8 | 36,5 | 45,6 | 82,2 |
| Bulgarie | 9,6 | 57,3 | 66,9 | 18,5 | 61,6 | 80,1 |
| Luxembourg | 3,3 | 49,8 | 53,0 | 9,4 | 58,1 | 67,5 |
| Slovaquie | 8,6 | 41,2 | 49,8 | 14,2 | 43,7 | 57,9 |
| Tchéquie | 17,0 | 45,9 | 62,9 | 8,4 | 41,1 | 49,5 |
| Estonie | 30,1 | 0,9 | 31,0 | 35,1 | 1,9 | 37,0 |
| Grèce | 0,0 | 34,9 | 34,9 | 0,0 | 34,9 | 34,9 |
| Danemark | 12,7 | 18,2 | 30,8 | 15,0 | 13,8 | 28,8 |
| Chypre | 3,6 | 19,6 | 23,1 | 6,5 | 18,8 | 25,3 |
| Lituanie | 5,6 | 2,9 | 8,5 | 13,8 | 9,7 | 23,5 |
| Malte | 0,8 | 11,8 | 12,6 | 10,9 | 2,4 | 13,3 |
| Roumanie | 26,2 | 0,0 | 26,2 | 3,5 | 0,0 | 3,5 |
| Lettonie | 4,7 | 0,0 | 4,7 | 0,5 | 0,0 | 0,5 |
| Croatie | 0,0 | 9,4 | 9,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total EU 27 | 2 816,6 | 3 892,9 | 6 709,5 | 4 251,0 | 3 323,7 | 7 574,7 |

1. « Biocarburants avancés » : les biocarburants produits à partir des matières premières énumérées dans l'annexe IX, partie A de la directive 2018/2001. 2. Biocarburants produits à partir des matières premières énumérées dans l'annexe IX, partie B de la directive 2018/2001. Source : Shares Eurostat

à devenir significative. Selon EurObserv'ER, les SAF représentent l'essentiel de la catégorie « Autres biocarburants liquides » utilisés dans les transports (tableaux 1 et 2), dont la consommation est passée de 57,7 ktep en 2022 à 153,3 ktep en 2023.

TOUJOURS PLUS D'ÉLECTRICITÉ RENEUVELABLE CONSOMMÉE DANS LES TRANSPORTS

L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans les transports s'explique également par une hausse de la consommation d'électricité renouvelable dans ce secteur. Cette hausse est en 2023 essentiellement liée à une augmentation de la

consommation d'électricité dans les transports routiers et à la mise en circulation de plus de 2,3 millions de véhicules électriques supplémentaires dans l'UE (soit un peu plus de 1,5 million de véhicules 100 % électriques et un peu plus de 0,8 million de véhicules hybrides rechargeables). Fin 2023, la flotte de véhicules électriques rechargeables était l'ordre de 8,2 millions (4,7 millions de véhicules 100 % électriques et 3,5 millions de véhicules hybrides), le seuil des 10 millions ayant été dépassé en cours d'année 2024. L'augmentation de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports s'explique également, pour les pays concernés, par une augmentation de la part des énergies renouvelables

dans la production brute d'électricité nationale. En effet, selon la méthodologie de calcul de la RED II, pour chaque pays, la consommation d'électricité renouvelable utilisée dans les transports doit obligatoirement être calculée à partir du mix de production d'électricité nationale. Et donc, plus la part d'électricité renouvelable est importante dans le mix électrique national et plus la consommation d'électricité renouvelable d'un véhicule électrique sera importante. Pour ce faire, les États membres doivent se référer à la période de 2 ans précédant l'année au cours de laquelle l'électricité est fournie sur leur territoire (production d'électricité normalisée pour l'éolien et





Électricité renouvelable utilisée dans les transports (route, rail, autres modes de transport) en 2022 et en 2023 (en ktep)

| | 2022 | | | | 2023 | | | |
|--------------------|---|---|---|----------------|---|---|---|----------------|
| | Électricité renouvelable dans les transports routiers | Électricité renouvelable dans les transports ferroviaires | Électricité renouvelable dans les autres modes de transport | Total | Électricité renouvelable dans les transports routiers | Électricité renouvelable dans les transports ferroviaires | Électricité renouvelable dans les autres modes de transport | Total |
| Allemagne | 93,3 | 445,0 | 50,5 | 588,8 | 147,2 | 433,9 | 47,5 | 628,6 |
| Suède | 64,2 | 170,3 | 20,0 | 254,5 | 103,2 | 168,5 | 20,7 | 292,3 |
| France | 33,5 | 176,1 | 26,8 | 236,4 | 51,6 | 198,1 | 26,4 | 276,1 |
| Italie | 19,1 | 182,6 | 92,8 | 294,4 | 25,7 | 191,2 | 57,2 | 274,2 |
| Autriche | 28,7 | 125,1 | 92,7 | 246,5 | 28,1 | 116,1 | 97,4 | 241,6 |
| Espagne | 20,3 | 120,8 | 8,5 | 149,6 | 32,1 | 131,1 | 9,1 | 172,3 |
| Pays-Bas | 42,5 | 39,2 | 0,0 | 81,7 | 69,2 | 47,9 | 0,0 | 117,1 |
| Danemark | 23,2 | 28,0 | 0,0 | 51,2 | 31,6 | 30,8 | 0,0 | 62,3 |
| Belgique | 12,7 | 31,7 | 5,0 | 49,4 | 24,1 | 32,8 | 2,6 | 59,5 |
| Pologne | 2,4 | 46,4 | 0,2 | 49,0 | 3,8 | 49,0 | 2,6 | 55,4 |
| Finlande | 13,6 | 23,4 | 0,0 | 37,1 | 25,1 | 22,8 | 0,0 | 47,9 |
| Roumanie | 8,1 | 37,6 | 0,9 | 46,6 | 10,0 | 22,1 | 0,7 | 32,8 |
| Portugal | 2,0 | 22,6 | 0,3 | 24,9 | 4,6 | 24,4 | 0,4 | 29,5 |
| Tchéquie | 1,3 | 20,6 | 1,0 | 22,9 | 1,6 | 20,1 | 0,8 | 22,5 |
| Hongrie | 1,3 | 12,0 | 0,1 | 13,5 | 2,0 | 13,3 | 0,1 | 15,5 |
| Slovaquie | 0,5 | 9,9 | 2,8 | 13,2 | 0,5 | 10,2 | 2,9 | 13,6 |
| Croatie | 0,6 | 11,2 | 1,6 | 13,4 | 0,9 | 11,0 | 1,7 | 13,5 |
| Irlande | 5,7 | 1,7 | 0,0 | 7,4 | 8,9 | 1,7 | 0,0 | 10,6 |
| Slovénie | 0,8 | 7,3 | 0,2 | 8,3 | 1,2 | 7,1 | 0,2 | 8,5 |
| Bulgarie | 0,8 | 8,3 | 0,3 | 9,4 | 0,8 | 6,8 | 0,2 | 7,8 |
| Grèce | 0,6 | 5,7 | 0,0 | 6,3 | 0,7 | 5,5 | 0,0 | 6,1 |
| Lettonie | 1,5 | 3,0 | 0,1 | 4,6 | 1,9 | 2,8 | 0,1 | 4,8 |
| Luxembourg | 0,6 | 1,7 | 0,0 | 2,3 | 1,1 | 1,8 | 0,0 | 2,8 |
| Lituanie | 1,0 | 0,2 | 0,4 | 1,6 | 1,4 | 0,2 | 0,4 | 2,1 |
| Estonie | 0,5 | 0,3 | 0,0 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,0 | 1,5 |
| Malte | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| Chypre | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| Total EU 27 | 378,9 | 1 530,8 | 304,0 | 2 213,7 | 578,5 | 1 549,8 | 270,9 | 2 399,2 |

Dans certains pays, une part significative de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports n'est pas clairement tracée et est affectée, par défaut, à la catégorie « autres modes de transport ». Source: Shares Eurostat



l'hydraulique). Cet effet a cependant été relativement modeste en 2023 par rapport aux années précédentes, à l'échelle de l'Union européenne, la part de l'électricité renouvelable dans la consommation brute d'électricité nationale n'ayant que faiblement augmenté entre 2020 et 2021 (de 37,4 % à 37,8 %), avec des variations positives et négative à l'échelle de chaque pays. Cet effet sera nettement plus impactant pour les calculs des années 2024 et 2025, la part de l'électricité renouvelable ayant fortement augmenté à l'échelle de l'UE en 2022 (41,2 %) et en 2023 (45,3 %).

Selon les données de l'outil Shares d'Eurostat, la consommation de l'électricité renouvelable dans les transports (routiers, ferroviaires et autres modes de transport) a augmenté à l'échelle de l'Union européenne de 2,2 Mtep en 2022 à 2,4 Mtep en 2023 (+ 8,4 %). Dans le détail, la consommation d'électricité renouvelable dans les transports routiers est passée de 378,9 ktep en 2022 à 578,5 ktep en 2023 (+ 52,7 %), dans les transports ferroviaires de 1 530,8 ktep à 1 549,8 ktep (+ 1,2 %) et dans les autres modes de transport de 304 ktep à 270,9 ktep (- 10,9 %). Il convient de préciser que dans certains pays (comme en Italie), une part significative de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports n'est pas clairement tracée et est affectée, par défaut, à la catégorie « autres modes de transport », qui ne bénéficie pas de bonification. Un meilleur suivi administratif de la consommation d'électricité dans les transports explique la diminution de cet indicateur.

UN AJUSTEMENT DES RÈGLES ET DEUX OBJECTIFS AU CHOIX À PARTIR DE L'ANNÉE 2025

Après un long travail législatif commencé par le paquet « Fit for 55 », de nombreux textes ayant pour objet la mise en place d'instruments visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les transports ont été publiés au Journal officiel de l'Union européenne au cours de l'année 2023. Ces textes législatifs concernent les points suivants :

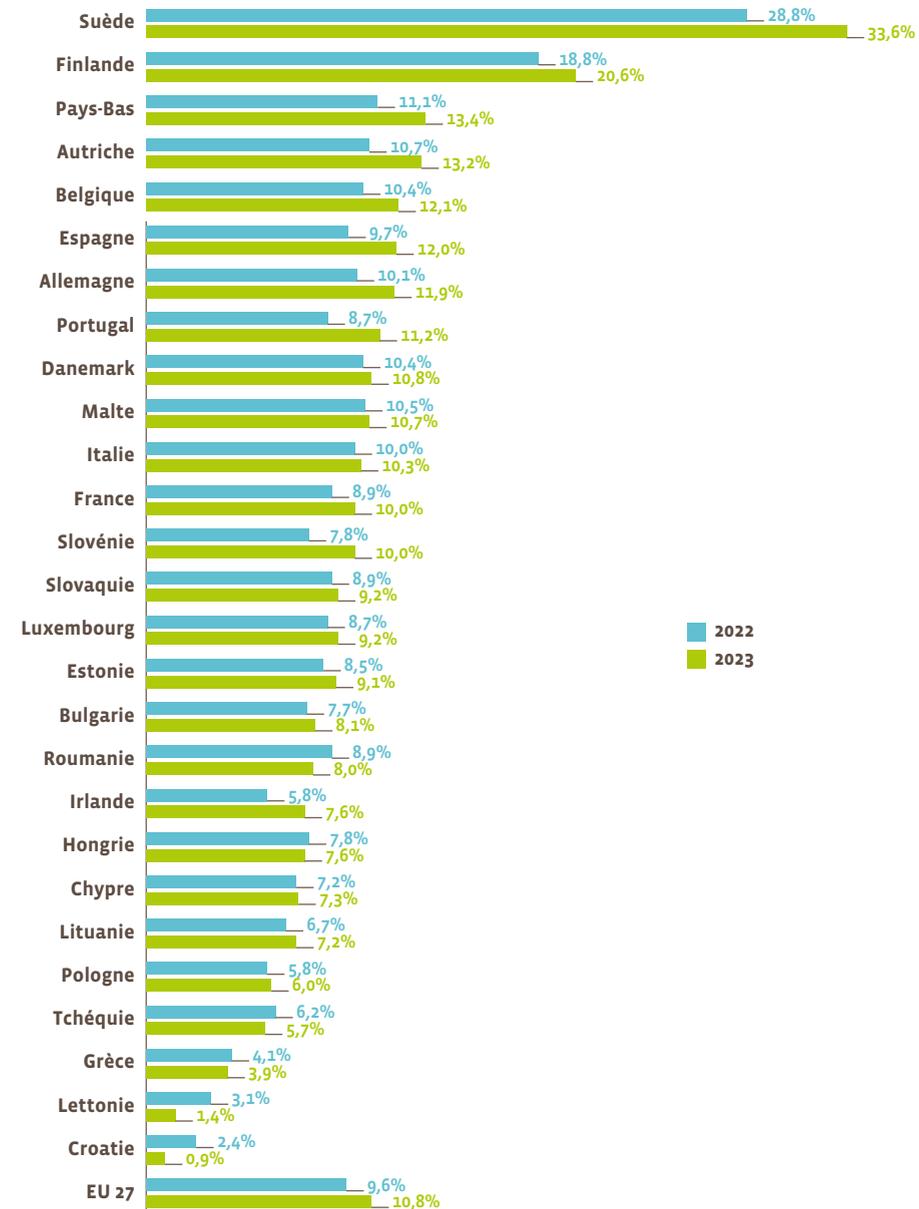
- la mise en œuvre d'un système d'échange de quotas d'émissions (Seqe) autonome pour le transport routier, les bâtiments et autres secteurs (non couverts par le Seqe existant),
- des objectifs concernant les infrastructures pour les véhicules électriques et les carburants de substitution,
- des objectifs concernant la réduction des émissions pour le transport routier des véhicules légers,
- des objectifs de réduction des émissions des véhicules lourds ainsi que pour l'utilisation de carburants renouvelables et bas carbone dans le transport maritime (FuelEU maritime) et le transport aérien (REFuelEU aviation).

Point d'orgue, la très attendue directive énergies renouvelables modifiée RED III a enfin été adoptée et publiée au *Journal officiel de l'Union européenne* le 31 octobre 2023. Elle a nettement rehaussé les objectifs énergies renouvelables de l'Union européenne afin d'être en phase avec le Pacte vert, qui fixait l'objectif de neutralité climatique de l'Union d'ici à 2050 et un objectif intermédiaire de réduction d'au moins 55 % des émissions nettes de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par

rapport aux niveaux de 1990, mais également avec le plan RePowerEU énoncé dans la communication de la Commission du 18 mai 2022, qui vise à rendre l'Union indépendante des combustibles fossiles russes bien avant 2030. Dans les grandes lignes, la nouvelle directive rehausse l'objectif de la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'électricité de l'UE en 2030, passant de 32 % à un minimum de 42,5 %, tout en incitant les États à viser les 45 %. Concernant le volet transports, elle offre plus de souplesse aux États membres en leur permettant de choisir entre deux objectifs, soit un objectif contraignant de réduction de 14,5 % de l'intensité des gaz à effet de serre dans les transports résultant de l'utilisation d'énergies renouvelables d'ici 2030, et ce par rapport à la valeur de référence EF(t) pour le combustible ou carburant fossile fixé à 94 CO₂eq/MJ, et ce conformément à une trajectoire indicative fixée par l'État membre; soit une part contraignante d'au moins 29 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie du secteur des transports d'ici 2030. Ce deuxième objectif est beaucoup plus ambitieux que celui énoncé dans la RED II, qui visait une part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports d'au moins 14 % en 2030. L'objectif contraignant de réduction de l'intensité des gaz à effet de serre résultant des énergies renouvelables paraît beaucoup plus accessible et devrait logiquement avoir la préférence de nombreux États membres. La Suède et la Finlande, qui disposent des parts EnR dans

5

Part de l'énergie provenant de sources renouvelables dans les transports selon la directive (UE) 2018/2001



Source : Eurostat (mise à jour du 14 février 2025)



FREEMK

les transports les plus élevées, ne devraient, elles, avoir aucune difficulté à atteindre les objectifs. Les nouvelles règles de la RED III établissent en outre un sous-objectif combiné contraignant de 5,5 % en 2030 (et un objectif intermédiaire de 1 % en 2025) pour les biocarburants avancés et biogaz (produits à partir des matières premières non alimentaires listées à l'annexe IX, partie A) et les carburants renouvelables d'origine non biologique (principalement l'hydrogène renouvelable et les carburants synthétiques à base d'hydrogène) dans la part des énergies renouvelables fournies au secteur des transports. Au sein de cet objectif, il existe une exigence minimale de 1 % de carburants renouvelables d'origine non biologique (RFNBO) dans la part des énergies renouvelables fournies au secteur des transports en 2030. La directive modifiée maintient également le plafonnement de l'utilisation des carburants produits à partir de cultures destinées à l'alimentation humaine et animale. Leur utilisation ne doit pas dépasser de plus d'un point de pourcentage la part de ces carburants dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports de chaque État membre calculée en 2020, avec un maximum de 7 % de la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports. La disposition limitant la part des biocarburants et du biogaz produits à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX, partie B (soit les huiles de cuisson et les graisses animales) dans le contenu énergétique des carburants et de l'électricité fournis au secteur des transports à 1,7 %, à l'exception de Chypre et Malte, est également

maintenue. Cependant, les États membres peuvent, lorsque cela se justifie, augmenter cette limite compte tenu de la disponibilité des matières premières concernées, une telle augmentation étant soumise à l'approbation de la Commission européenne. Une petite subtilité comptable a été ajoutée pour ne pas encourager la consommation d'agrocarburants. En effet, lorsque la part des biocarburants produits à partir de cultures destinées à l'alimentation humaine ou animale dans un État membre est limitée à une part inférieure à 7 % ou qu'un État membre décide de limiter plus encore cette part, cet État peut réduire en conséquence la part minimale de l'énergie renouvelable ou l'objectif de réduction de l'intensité d'émission de gaz à effet de serre, compte tenu de la contribution que ces carburants auraient pu avoir en termes de part minimale d'énergie renouvelable ou de réduction d'émissions de gaz à effet de serre.

Pour le calcul du numérateur de l'objectif, les principales règles de calcul n'ont pas été modifiées. Les carburants à base de carbone recyclé peuvent être pris en compte, ainsi qu'un certain nombre de bonifications. La part des biocarburants et du biogaz produits à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX et la part des carburants renouvelables d'origine non biologique sont considérées comme équivalent à deux fois leur contenu énergétique; la part de l'électricité renouvelable est considérée comme équivalent à quatre fois son contenu énergétique, lorsqu'elle est destinée au transport routier, et elle peut être considérée comme équivalent à 1,5 fois son contenu énergétique

lorsqu'elle est destinée au transport ferroviaire. La part de biocarburants avancés et de biogaz produits à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX, partie A, fournis dans les modes de transport aériens et maritimes est considérée comme équivalent à 1,2 fois leur contenu énergétique, et la part de carburants renouvelables d'origine non biologique fournis dans les modes de transport aériens et maritimes est considérée comme équivalent à 1,5 fois leur contenu énergétique. ■

LA STRATÉGIE GAGNANTE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

En préambule de cette conclusion, il paraît important de rappeler que la stratégie européenne de lutte contre le changement climatique mise en œuvre depuis plus d'une vingtaine d'années, et relayée par le Pacte vert lancé fin 2019, porte ses fruits. La transition vers une énergie propre et renouvelable représente également une occasion d'être plus indépendants sur le plan énergétique, avec en parallèle la mise en place de mesures d'efficacité énergétique et de diminution de la consommation. Les combustibles énergétiques, que ce soit dans l'Union européenne ou dans le reste du monde, sont en effet de loin la principale source d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Le rapport « ETC CM » de l'Agence européenne de l'environnement (AEE) d'octobre 2024 a dressé un inventaire des émissions de gaz à effet de serre de l'UE de l'année 2023. Sans prendre en compte les émissions et séquestrations de carbone par les écosystèmes forestiers ou agricoles, liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie (Utcatf, Lulucf en anglais), l'énergie représentait 76,2 % des émissions totales des pays de l'Union européenne, incluses les émissions fugitives de carburant (1,8 %). Le reste des émissions est provoqué par l'agriculture (11,5 %), les procédés industriels (fabrication de ciment, de produits chimiques et de métaux) (8,8 %) ou encore les déchets (3,5 %). En prenant en compte le rôle bénéfique lié à l'Utcatf qui a permis dans l'UE la séquestration nette en 2023 de près de 257 millions de tonnes de GES (eq. CO₂), la part de l'énergie dans les émissions de GES de l'UE augmente même à 83,1 % du total des émissions en 2023, un niveau comparable à celui de 2022.

En octobre 2024, la Commission européenne a publié le « Rapport d'étape de l'action climatique 2024 » montrant que les émissions de gaz à effet de serre de l'Union européenne ont chuté de l'ordre de 8,3 % en 2023 par rapport à l'année précédente, ce qui représente encore de l'ordre de 3 milliards de tonnes de GES (en équivalent CO₂). Si l'UE parvient à réduire ses émissions de gaz à effet de serre, ce n'est malheureusement pas encore le cas au niveau mondial. Les données préliminaires du JRC (European Commission's Joint Research Center) montrent que les émissions mondiales de gaz à effet de serre, à l'exclusion des émissions nettes liées à l'Utcatf, ont atteint 53 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ en 2023. C'est 1,9 % de plus que le niveau de 2022 et 3,3 % de plus que les émissions d'avant la pandémie (2019). Parmi les plus grands émetteurs, les augmentations les plus significatives ont été enregistrées en Chine (+ 5,2 %) et en Inde (+ 6,1 %). Le « Rapport d'étape de l'action climatique 2024 » précise que comparées aux niveaux de 1990, les émissions de GES de l'UE ont diminué de manière plus significative que celles de toutes les autres économies émettrices. Elles représentent désormais 6,1 % des émissions mondiales, contre 14,9 % en 1990 (en incluant l'Utcatf, elles représentent 5,6 % en 2023 et 14,5 % en 1990). La baisse enregistrée en 2023 dans l'UE est la plus importante depuis des décennies, à l'exception de l'année 2020, lorsque la pandémie de Covid-19 avait entraîné une réduction des émissions de 9,8 %. Les émissions nettes de gaz à effet de serre sont désormais en dessous de 37 % des niveaux de 1990, alors que dans le même temps le PIB a augmenté de 68 %, ce qui montre le découplage continu des émissions et de la croissance

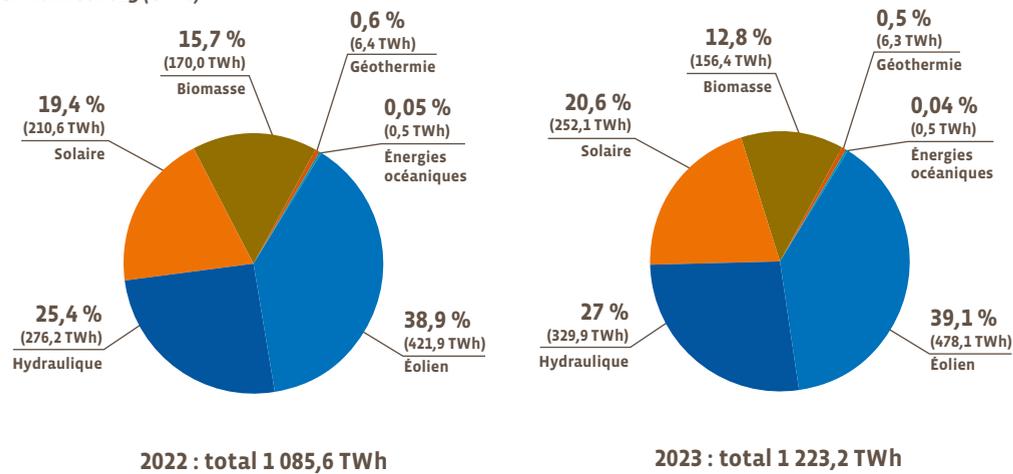
économique. Toujours selon le « Rapport d'étape », l'UE reste sur « la bonne voie » pour atteindre son engagement de réduire les émissions d'au moins 55 % d'ici 2030, bien que des efforts substantiels restent à mettre en œuvre. L'Agence européenne pour l'environnement (AEE) est un peu plus prudente et table, en l'état actuel, sur une baisse de 43 % en 2030 par rapport à 1990. Une baisse qui pourrait aller jusqu'à 49 % si les États membres mettaient en place les mesures qu'ils ont promises mais pas encore réalisées.

La Commission précise que les émissions des centrales électriques et des installations industrielles grandes consommatrices d'énergie couvertes par le système européen d'échange de quotas d'émission (EU ETS en anglais) ont connu une baisse record de 16,5 % en 2023. À l'échelle de l'UE, les émissions de la production d'électricité et du chauffage ont diminué de 24 % par rapport à 2022, tirées par la croissance des sources d'énergies renouvelables, en particulier les énergies éolienne et solaire, et la transition du charbon. Des évolutions encourageantes sur le plan des émissions ont également été mesurées dans les domaines du bâtiment, du transport domestique, de la petite industrie et des déchets. De même, les puits de carbone naturel de l'UE ont augmenté de 8,5 % en 2023, inversant la tendance à la baisse de la dernière décennie dans le secteur de l'utilisation des terres, du changement des terres et de la foresterie (Lulucf). Si le « Rapport d'étape de l'action climatique 2024 » donne des nouvelles encourageantes sur les émissions de GES de l'Union européenne, les États membres, à l'instar du reste du monde, n'ont pas été épargnés par les catastrophes de grande ampleur renforcées

par le changement climatique, comme les inondations meurtrières qui ont touché l'Europe centrale fin mai-début juin 2024 et le sud-est de l'Espagne fin octobre 2024. Et à chaque fois, les pertes économiques se mesurent en milliards de dollars. Selon le réassureur Munich RE, elles ont été mesurées à 5 milliards de dollars dont 2,2 milliards de dollars assurés lors de l'inondation de juin qui avait touché l'Allemagne, la Pologne, l'Italie, l'Autriche et la Tchéquie (8 morts) et à 11 milliards de dollars dont 4,2 milliards de dollars assurés lors des inondations de Valence (229 morts). Et au niveau mondial, les chiffres sont encore plus vertigineux. Un communiqué de presse de ce même réassureur daté du 9 janvier 2025 est même titré « Le changement climatique sort ses griffes » (« Climate change is showing its claws: The world is getting hotter, resulting in severe hurricanes, thunderstorms and floods »), lors de son estimation annuelle sur le coût des catastrophes naturelles au niveau mondial qui ont généré en 2023 pas moins de 320 milliards de dollars de dégâts, dont 140 milliards assurés. Et malheureusement, il va falloir s'attendre à une amplification en intensité et en récurrence de ces phénomènes liée à la hausse des températures mondiales et de l'inertie du climat. En effet, selon le service changement climatique (C3S) de l'observatoire européen Copernicus, « *il est de fait certain que 2024 sera (après 2023) l'année la plus chaude enregistrée et dépassera de plus de 1,5 °C le niveau préindustriel* », limite fixée par l'Accord de Paris. Cet accord fait toutefois référence à une tendance de long terme, la moyenne de réchauffement de 1,5 °C devra être observée sur plusieurs années pour être considérée comme franchie. ↘

1

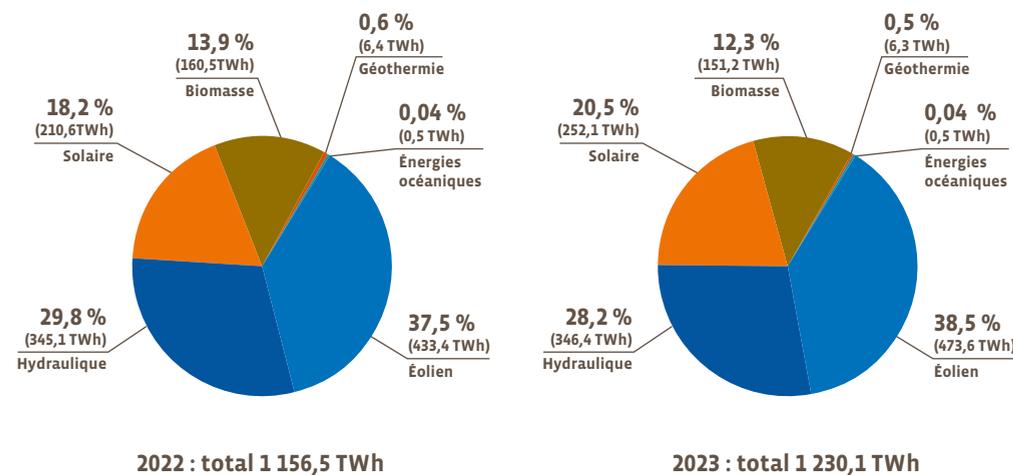
Part de chaque énergie dans la production d'électricité renouvelable pour l'Union européenne à 27 en 2022 et 2023 (en %)



Note: La production hydroélectrique est réelle (non normalisée) et exclut le pompage. La production d'électricité éolienne est réelle (non normalisée). Toute la production d'électricité biomasse issue de biocarburants solides, de biogaz (utilisé pur ou en mélange dans le réseau de gaz naturel) et de bioliquides est incluse, qu'elle soit conforme ou non aux directives énergies renouvelables. Source: EurObserv'ER d'après base de données Eurostat (mise à jour du 28 janvier 2025)

2

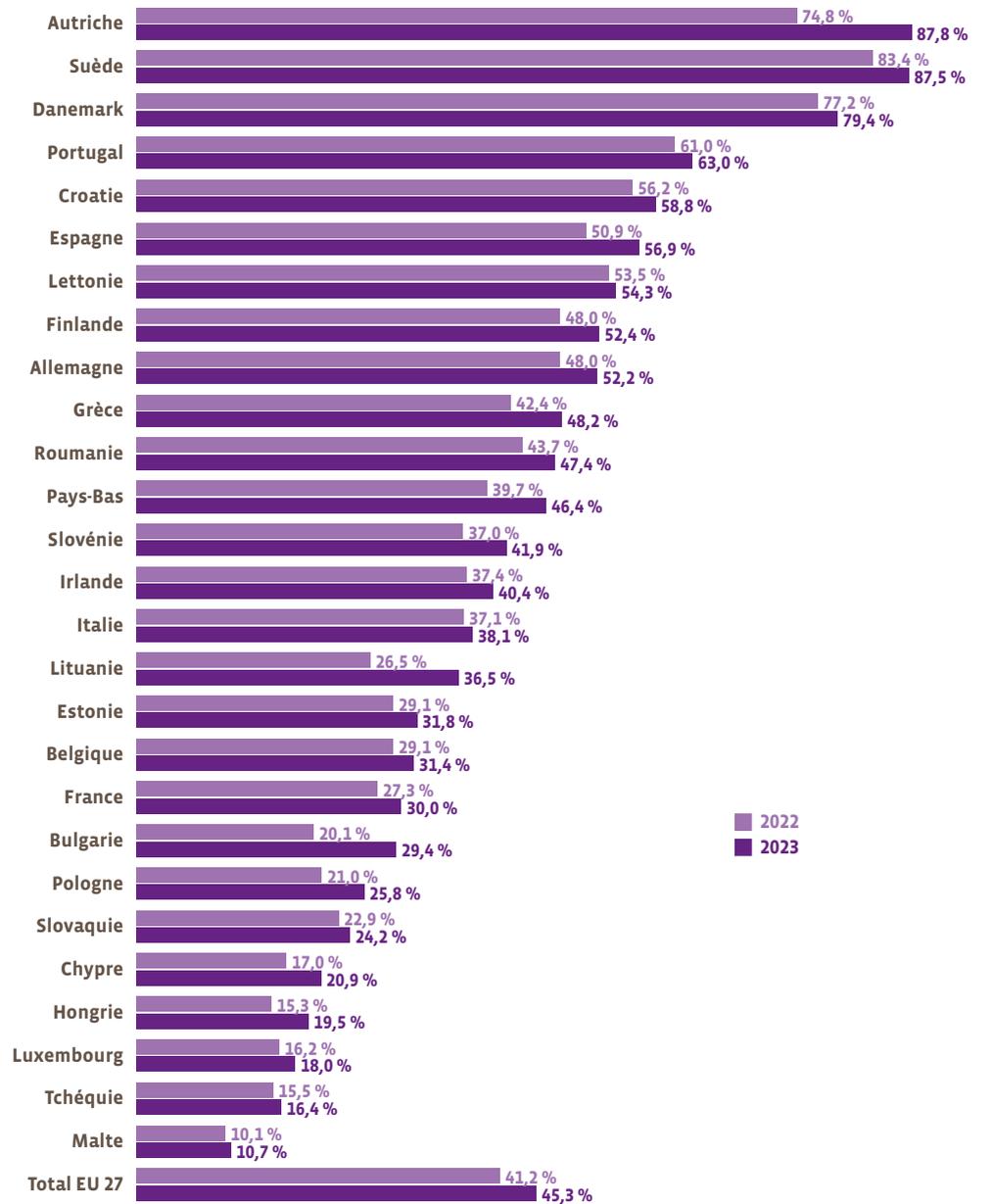
Part de chaque énergie dans la production d'électricité renouvelable pour l'Union européenne à 27 en 2022 et 2023 (en %) selon les spécifications de la directive (UE) 2018/2001



Notes de calcul: La production hydroélectrique est normalisée et hors pompage. La production d'électricité éolienne est normalisée. La production d'électricité solaire comprend le solaire photovoltaïque et le solaire thermique à concentration. La biomasse comprend la production d'électricité à partir de biocarburants solides, de biocarburants liquides et de biogaz (pur et mélangé au réseau de gaz naturel) calculée en fonction de leur conformité aux critères de la directive (UE) 2018/2001 ainsi que les déchets municipaux renouvelables. Source: EurObserv'ER d'après base de données Eurostat (mise à jour du 28 janvier 2025) et d'après Shares

3

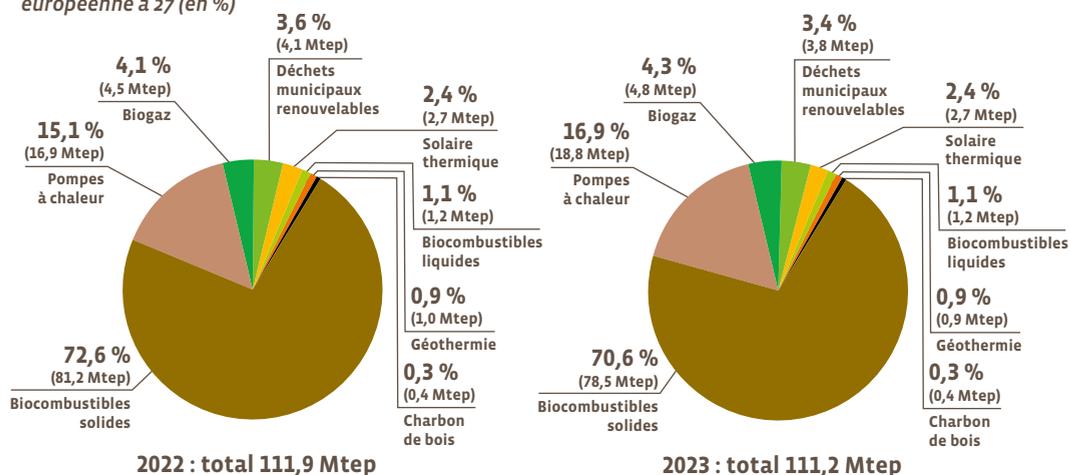
Part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité des pays de l'Union européenne (en %) - selon la directive (UE) 2018/2001



Notes de calcul: La production hydroélectrique est normalisée et hors pompage. La production d'électricité éolienne est normalisée. La production d'électricité solaire comprend le solaire photovoltaïque et le solaire thermique à concentration. La biomasse comprend la production d'électricité à partir de biocarburants solides, de biocarburants liquides et de biogaz (pur et mélangé au réseau de gaz naturel) calculée en fonction de leur conformité aux critères de la directive (UE) 2018/2001 ainsi que les déchets municipaux renouvelables. Source: Eurostat (mise à jour du 14 février 2025)

4

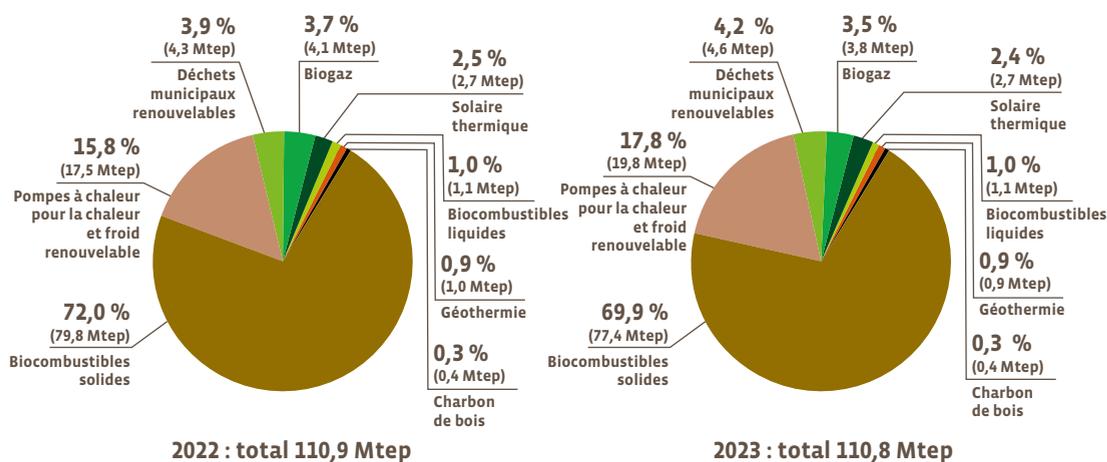
Part de chaque énergie dans la consommation de chaleur et de rafraîchissement renouvelable dans l'Union européenne à 27 (en %)



Note pour le calcul : Les sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement correspondent à la somme de la consommation finale d'énergie des carburants renouvelables dans l'« Industrie » et « Autres secteurs » (excepté le secteur du « Transport »), de la production de chaleur dérivée à partir de carburants renouvelables et des pompes à chaleur (consommation finale d'énergie et chaleur dérivée). La consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée du biogaz mélangé au réseau sont incluses. Toute la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants solides, des biocarburants liquides et du biogaz (purs et mélangés au réseau) incluent, sont conformes ou non aux exigences des directives sur les énergies renouvelables. Source : EurObserv'ER d'après base de données Eurostat (mise à jour du 28 janvier 2025)

5

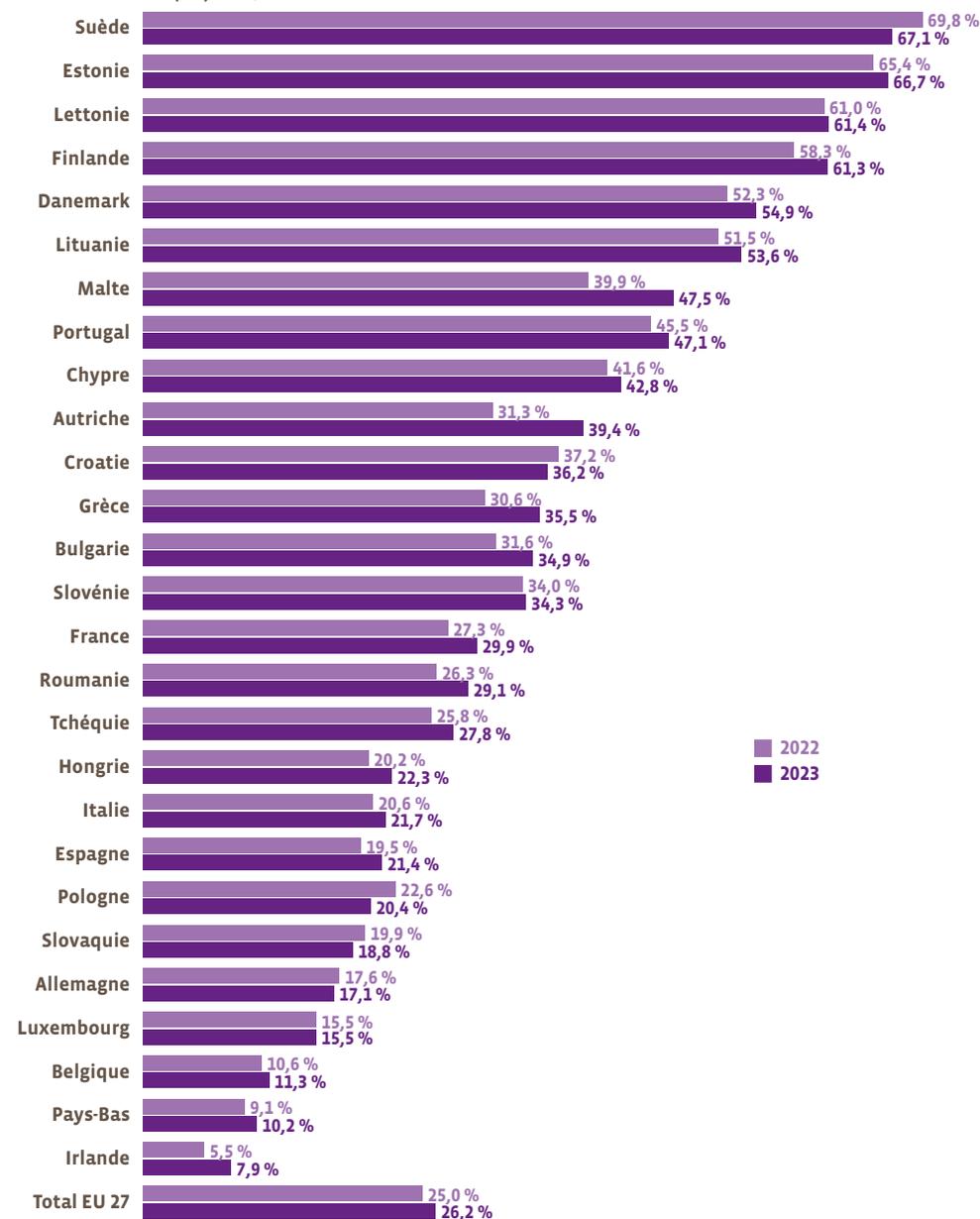
Part de chaque énergie dans la consommation de chaleur et de rafraîchissement renouvelable dans l'Union européenne à 27 (en %), selon les spécifications de la directive (UE) 2018/2001



Note pour le calcul : Les sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement correspondent à la somme de la consommation d'énergie finale des carburants renouvelables dans l'« Industrie » et « Autres secteurs » (excepté le secteur du « Transport »), de la production de chaleur dérivée de carburants renouvelables, des pompes à chaleur pour le chauffage et le refroidissement renouvelable. Pour la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants solides, des biocarburants liquides et du biogaz (pur et mélangé au réseau), seule la partie conforme aux exigences de la directive (UE) 2018/2001 est incluse. Source : EurObserv'ER d'après base de données Eurostat (mise à jour du 28 janvier 2025) et d'après Shares

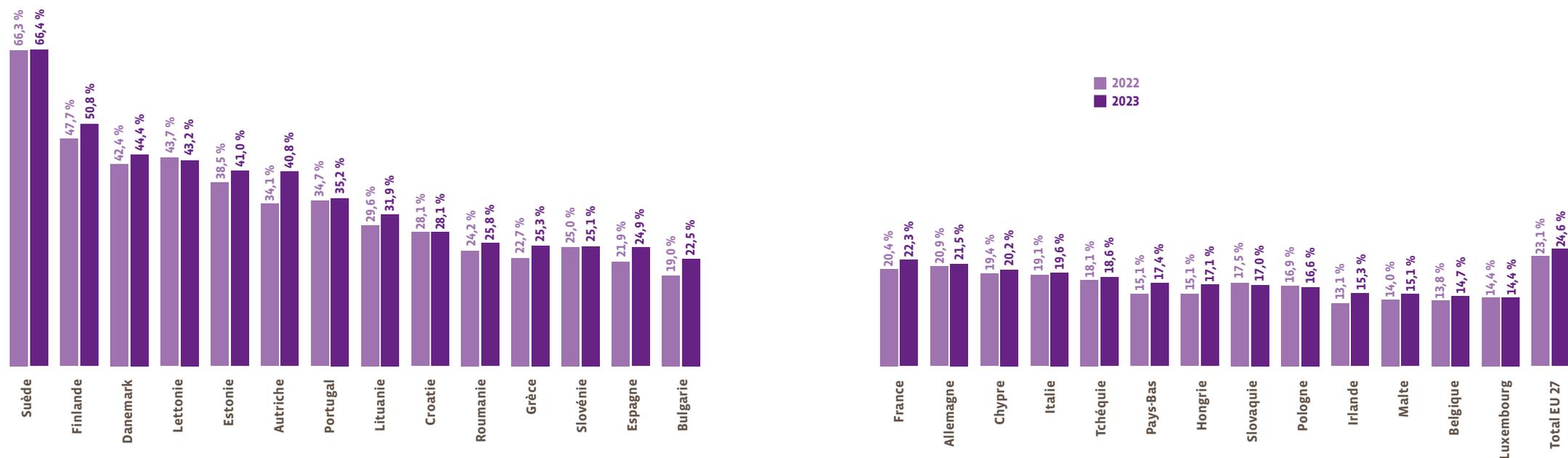
6

Part des énergies renouvelables dans la chaleur et le rafraîchissement des pays de l'Union européenne - selon la directive (UE) 2018/2001



Note pour le calcul : Les sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement correspondent à la somme de la consommation d'énergie finale des carburants renouvelables dans l'« Industrie » et « Autres secteurs » (excepté le secteur du « Transport »), de la production de chaleur dérivée de carburants renouvelables, des pompes à chaleur pour le chauffage et le refroidissement renouvelable. Pour la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants solides, des biocarburants liquides et du biogaz (pur et mélangé au réseau), seule la partie conforme aux exigences de la directive (UE) 2018/2001 est incluse. Source : Eurostat (mise à jour du 14 février 2025)

Part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale (en %) – selon la directive (EU) 2018/2001



Source : Eurostat (mise à jour du 14 février 2025)

Il est donc absolument vital que l'Union européenne continue à mener une politique résolue contre le changement climatique et atteigne ses objectifs de 2030 (une réduction des émissions de 55 % par rapport à 1990) ainsi que son objectif 2050 « zéro émissions nettes ». L'un des premiers dossiers de la nouvelle Commission sera de négocier l'objectif 2040, pour lequel la précédente recommandait, dans une communication de février 2024 (« Communication on the EU's climate target for 2040 »), une baisse de 90 % des émissions nettes de gaz à effet de serre par rapport à 1990. Elle devra travailler avec un nouveau Parlement européen plus conservateur que le précédent, qui a également vu une poussée en son sein d'une extrême droite populiste pour qui les questions climatiques sont secondaires ou tout simplement ignorées et parfois même niées. Au niveau européen, la remise en cause des avancées du Pacte vert sur le plan des engagements climatiques serait extrêmement dommageable pour le bien-être commun et celui des générations futures. Le danger est réel, à l'exemple de ce

qui se passe aux États-Unis où la nouvelle administration aux ordres d'un exécutif clairement climato-sceptique s'est de nouveau retirée de l'Accord de Paris sur le climat, allant même jusqu'à supprimer toutes les références liées au changement climatique sur les sites Internet fédéraux.

Avant de faire un état des lieux plus approfondi des premiers indicateurs de suivi de la RED II, ce chapitre de conclusion se propose de faire un premier bilan sur l'état en 2023 de la production d'électricité renouvelable réelle, c'est-à-dire non normalisée pour l'hydroélectricité et l'éolien, et en prenant en compte la totalité de la production d'électricité issue de la biomasse (biocombustibles solides, liquides et gazeux), qu'elle soit conforme ou non aux exigences de la RED II. De même pour la présentation de la part des différentes énergies renouvelables utilisées pour le chauffage et le refroidissement des pays de l'Union européenne à 27, qui prend en compte la totalité de la production d'énergie biomasse, qu'elle soit conforme ou non selon les critères d'exigibilité de la RED II. Ces

indicateurs « classiques » ont été obtenus à partir de la base de données Eurostat faisant référence à la balance énergétique complète des pays membres, mise à jour le 28 janvier 2025. Ils présentent l'intérêt de mettre en avant les écarts par rapport aux indicateurs d'énergie « éligible » répondant aux spécifications légales de la RED II.

GRAND BOL D'AIR POUR L'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE RENOUVELABLE

Si l'on s'en tient à la production d'électricité renouvelable réelle, c'est-à-dire non normalisée pour l'éolien et l'hydraulique, et sans prendre en compte le pompage-turbinage, la production d'électricité renouvelable de l'UE a connu une croissance à deux chiffres entre 2022 et 2023 (+ 12,7 %). Elle augmente ainsi de 137,6 TWh pour atteindre 1 223,2 TWh. Cette reprise, après une année 2022 très moyenne qui avait vu la production d'électricité renouvelable stagner (+ 0,3 % entre 2021 et 2022), s'explique à la fois par des conditions climatiques plus favorables en ce qui concerne

l'hydraulique et l'éolien et par les investissements significatifs réalisés ces deux dernières années dans les filières éolienne et solaire photovoltaïque. La production d'électricité biomasse est par contre en retrait entre 2022 et 2023, touchée par la hausse du prix des biocombustibles solides ainsi que par une réorientation de la politique européenne concernant l'utilisation de la biomasse dans les grandes centrales de production.

Dans le détail, l'énergie éolienne a confirmé en 2023 son statut de première filière énergie renouvelable pour la production d'électricité. Selon Eurostat, la production éolienne, qu'elle soit terrestre ou maritime, a atteint 478,1 TWh en 2023, un niveau de production record en augmentation de 13,3 % par rapport à 2022 (+ 56,2 TWh). La production d'électricité éolienne a même dépassé pour la première fois la production électrique des centrales fonctionnant au gaz naturel, qui a nettement diminué entre 2022 et 2023 (de 538,3 TWh à 458,6 TWh, en baisse de 14,8 %). La production éolienne maritime est, elle, estimée

8

Transferts statistiques déclarés par pays pour l'année de référence 2023 (en ktep)

| | Montant ajouté à la part des énergies renouvelables | | |
|--|---|-----------|------------|
| | Belgique | Allemagne | Luxembourg |
| Montant déduit de la part des énergies renouvelables Danemark | 50,3 | 4,2 | 77,4 |

Source : Eurostat

en 2023 à 55,1 TWh, en croissance de 9,7 % (+ 4,9 TWh) et a donc représenté 11,5 % de la production éolienne totale. L'Union européenne a globalement bénéficié de bien meilleures conditions de vent avec une production réelle un peu supérieure à la production éolienne normalisée calculée à 473,6 TWh (voir ci-après).

Deuxième filière renouvelable pour la production d'électricité, l'hydraulique a vu sa contribution dans les pays de l'Union européenne s'améliorer en 2023, après avoir connu en 2022 un des pires déficits hydroélectriques de son histoire. La production hydroélectrique brute issue du débit naturel de l'eau, c'est-à-dire ne prenant pas en compte la production d'électricité issue du pompage-turbinage, s'est selon Eurostat établie à 329,9 TWh en 2023 dans l'UE à 27, en croissance de 19,4 % par rapport à son niveau de production de 2022 (276,2 TWh). C'est en deçà, cependant, des niveaux de production de 2020 (347,2 TWh) et de 2021 (348,4 TWh). Il convient de préciser que dans les calculs des objectifs énergies renouvelables des pays membres, la production hydroélectrique est normalisée sur les 15 dernières années, afin d'atténuer l'effet des variations en matière d'hydraulicité. Selon Eurostat, la production hydroélectrique normalisée retenue à l'échelle de l'Union européenne était de 346,4 TWh en 2023, en augmentation de 0,4 % par rapport à 2022. Le chiffre de la production hydroélectrique normalisée était donc en 2023, à l'échelle de l'Union européenne, encore au-dessus de la production hydroélectrique réelle (+ 16,5 TWh de différence).

Quant à l'électricité solaire, elle a poursuivi en 2023 son inexorable ascension. En croissance de 19,7 %, son niveau de production a augmenté de 41,6 TWh

en un an pour atteindre 252,1 TWh (soit un peu moins de 247 TWh photovoltaïque et 5,2 TWh de centrales solaires thermodynamiques). En Europe, l'année 2023 a cependant été moins exceptionnelle et plus contrastée que 2022 en termes d'ensoleillement. Selon le dernier rapport sur l'état du climat européen de l'année 2023 (« European States of the Climate 2023 – Esotc 2023 ») du Copernicus Climate Change Service, pour l'année dans son ensemble, le potentiel de production d'énergie solaire photovoltaïque a été inférieur à la moyenne dans le Nord-Ouest et l'Europe centrale et au-dessus de la moyenne dans le sud-ouest et le sud de l'Europe et la Fennoscandie (Finlande, Suède, Norvège). L'Allemagne, par exemple, a souffert d'un déficit d'ensoleillement qui a bridé sa production d'électricité solaire. Elle n'a augmenté sa production que de 4,2 % (+ 2,6 TWh) entre 2022 et 2023, pour un total de 63,6 TWh, alors que le pays a raccordé pas moins de 13,7 GW supplémentaires en 2023. L'impact de ces variations climatiques sur la production d'électricité est à mettre en relation avec la formidable dynamique d'installation des pays de l'Union européenne ces deux dernières années. La puissance raccordée solaire PV de l'Union européenne a augmenté de 82 GW entre 2021 et 2023 pour atteindre 243,8 GW (+ 30,9 GW en 2022 et + 51,1 GW en 2023).

L'électricité biomasse, dans toutes ses composantes (biomasse solide, biogaz, déchets municipaux renouvelables, biomasse liquide), qu'elle soit conforme ou non conforme aux exigences de la RED II, est de nouveau en diminution. Elle décroît de 8,1 % (- 13,7 TWh) pour atteindre 156,4 TWh. Cette baisse s'explique principalement par sa composante biocombustibles

solides. Selon Eurostat, la production d'électricité biocombustibles solides a été mesurée à 78,4 TWh dans l'Union européenne, soit une baisse de 11,3 % par rapport à 2022 (- 10 TWh). Le niveau de production de 2023 est désormais très proche de celui de 2018 (76,2 TWh). Sur les deux dernières années, la diminution de la production atteint même 15,4 %, soit une perte de 14,3 TWh (de 92,7 TWh en 2021 à 78,4 TWh en 2023). Ce recul s'explique à la fois par la baisse de la rentabilité des grandes centrales de production d'électricité biomasse et par les changements dans les régimes de soutien. Concernant la répartition de la production d'électricité biomasse de l'Union européenne, elle était issue en 2023 pour moitié (50,1 %) de biocombustibles solides, à 33,1 % de biogaz (y compris l'électricité produite à partir de biométhane mélangé dans le réseau de gaz naturel et celle déclarée comme telle à l'aide de certificats de durabilité), à 11,9 % des déchets municipaux renouvelables valorisés dans les centrales d'incinération et à 1,9 % de biomasse liquide. Dans l'Union européenne, les filières de production d'électricité géothermique (essentiellement italienne) et énergies marines (essentiellement française) évoluent peu entre 2022 et 2023, avec des niveaux de production respectifs en 2023 de 6,3 TWh (- 0,2 TWh) et de 0,5 TWh (- 0,05 TWh).

Les énergies renouvelables ont ainsi représenté 44,5 % de la production brute d'électricité totale de l'Union européenne à 27 (mesurée à 2 748,6 TWh par Eurostat). C'est 6 points de pourcentage de plus qu'en 2022, où cette même part avait été mesurée à 38,5 % (pour une production d'électricité totale de 2 822,9 TWh).

LA CHALEUR RENOUVELABLE SE MAINTIEN EN 2023 DANS UN CONTEXTE DE BAISSSE DES BESOINS

Selon les données Eurostat issues de la balance énergétique complète des pays membres et mises à jour le 28 janvier 2025, la consommation d'énergie renouvelable utilisée pour le chauffage et le refroidissement est globalement restée stable entre 2022 et 2023 (- 0,6 %), passant de 111,9 Mtep en 2022 à 111,2 Mtep en 2023. Dans les grandes lignes, la baisse de la consommation d'énergie biomasse pour la chaleur et le froid a été en grande partie compensée par une hausse de la chaleur ambiante prélevée par les pompes à chaleur, la contribution de la chaleur solaire ayant peu évolué. Pour le calcul de la part des énergies renouvelables dans le chauffage et le refroidissement, la

consommation finale d'énergie provenant de sources renouvelables est définie comme la consommation finale d'énergie renouvelable dans l'industrie, les ménages, les services, l'agriculture, la sylviculture et la pêche, à des fins de chauffage et de refroidissement, plus la production de chaleur issue de sources renouvelables dans le secteur de la transformation (chaleur vendue). La consommation finale totale pour le chauffage et le refroidissement est la consommation finale de tous les produits énergétiques, à l'exception de l'électricité, dans des buts autres que le transport, majorée de la consommation de chaleur pour usage propre dans les centrales électriques et thermiques et des pertes de chaleur dans les réseaux de chaleur. EurObserv'ER a fait le choix d'ajouter une estimation de la consommation d'énergie finale (de l'« Industrie » et « Autres secteurs », à des fins autres que le transport) de la chaleur dérivée du biométhane injecté et mélangé au réseau de gaz naturel. Cette consommation, qui tend à être significative dans certains pays (Danemark, Allemagne, France), n'est pas incluse dans les indicateurs biogaz de la balance énergétique complète qui correspondent à une utilisation énergétique de biogaz « pur » non mélangé au réseau. L'estimation de la consommation d'énergie finale (hors transport) et de la chaleur dérivée issue du biométhane injecté dans le réseau de gaz naturel est disponible dans les fichiers pays de l'outil Shares d'Eurostat, avec une distinction sur la part conforme à la RED II.

Point important, les données issues de la balance énergétique des États membres ne sont pas directement utilisables dans les calculs des objectifs de la RED II, cette dernière disposant de ses propres spécifications et modalités de calculs avec, par exemple, des indicateurs biomasse spécifiques soumis à certification prenant en considération des critères de conformité, également des indicateurs spécifiques mesurant la production d'énergie renouvelable des PAC uniquement dédiées au chauffage et de froid renouvelable. Selon EurObserv'ER, pour l'année 2023, environ 1,3 Mtep de chaleur renouvelable biomasse (dans toutes ses composantes) n'a pas été jugée conforme et a ainsi été écartée du calcul des objectifs de la RED II. C'est relativement peu comparé à la consommation totale de la chaleur biomasse, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'essentiel de la consommation de biomasse solide de l'Union européenne a été prélevé sur le sol de l'Union européenne dans des conditions d'exploitation forestière et de valorisation éner-

gétique conformes aux critères de la RED II, ainsi que par le fait que les exploitants ont tendance à écarter les sources de biomasse non conforme dès lors qu'elles ne bénéficient plus de soutien à la production.

Sur les dernières années, la croissance de la chaleur et du froid renouvelables doit beaucoup aux pompes à chaleur. La dynamique de la filière est telle que la contribution de la chaleur ambiante reste positive d'une année sur l'autre, même les années où les besoins de chauffage sont moins importants. C'est notamment le cas en 2023 avec une contribution supplémentaire de 2 Mtep par rapport à 2022 (+ 11,7 %), pour atteindre 18,8 Mtep. À l'inverse, la tendance depuis deux ans est à la diminution de la consommation des biocombustibles solides pour la consommation de chaleur. Elle est passée de 84,5 Mtep en 2021 à 81,2 Mtep en 2022, puis à 78,5 Mtep en 2023, une baisse qui s'explique par la diminution des besoins de chauffage ces deux dernières années et par une augmentation du prix des combustibles biomasse. La contribution de la chaleur solaire thermique, essentiellement utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire, mais également en appoint dans les installations de chauffage de type solaire combiné et dans les réseaux de chaleur solaire, est restée stable à 2,7 Mtep, et ce malgré l'augmentation de la surface solaire thermique de l'UE de l'ordre de 1 % (soit un peu plus de 59,6 millions de m² en opération en 2023). Cette stabilité s'explique par un moindre ensoleillement dans des pays clés de cette filière comme l'Allemagne. La contribution de la géothermie à la consommation de chaleur et de froid est également restée stable en 2023, proche du seuil du Mtep.

Concernant la part respective des différentes filières renouvelables, la tendance reste la même que celle observée les dernières années, à savoir une baisse de la part des biocombustibles solides mais qui restent majoritaires (70,6 % en 2023, - 2 pp par rapport à 2022) dans la chaleur et le froid renouvelables et une filière pompes à chaleur qui grandit un peu plus chaque année pour atteindre en 2023 une part de 16,9 % (+ 1,4 pp par rapport à 2022). Par ordre d'importance, les autres contributeurs à la consommation de chaleur sont le biogaz (4,3 % en 2023), y compris le biométhane mélangé au réseau, les déchets municipaux renouvelables (3,4 %), le solaire thermique (2,4 %), la biomasse liquide (1,1 %), la géothermie (0,9 %) et le charbon de bois (0,3 %).

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE LA DIRECTIVE RED II

LES 50 % D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE À PORTÉE DE MAIN

L'indicateur de suivi de la production d'électricité renouvelable utilisé pour le calcul de l'objectif de la directive relative aux énergies renouvelables (EU) 2018/2001 est spécifique, car il prend en compte une production normalisée pour l'hydraulique et l'éolien (en séparant l'éolien à terre et en mer) afin de gommer les aléas climatiques et d'être plus représentatif des efforts réalisés par chaque État membre. Il n'intègre également que la production d'électricité issue de biocombustible liquide, solide et gazeux conforme aux critères de la RED II. La directive a également mis au point des règles de comptabilité spécifiques à la contribution aux énergies renouvelables des pompes à chaleur pour la chaleur renouvelable et pour le froid. La production normalisée de l'hydraulique ainsi retenue pour l'Union européenne à 27 a été de 346,4 TWh en 2023 (345,1 TWh en 2022), et celle de l'éolien a été de 473,6 TWh en 2023 (433,4 TWh en 2022). Il est intéressant de noter qu'en 2023, la production hydroélectrique normalisée est restée supérieure à la production hydroélectrique réelle (329,9 TWh), tandis que la production éolienne normalisée est en 2023 un peu inférieure à la production éolienne réelle qui est de 478,1 TWh.

Les colégislateurs n'ont pas jugé nécessaire de normaliser la production d'électricité solaire. C'est donc la production d'électricité réelle qui est prise en compte, soit 252,1 TWh en 2023. La production d'électricité biomasse solide, liquide et biogaz (pur et mélangé dans le réseau de gaz naturel) conforme aux exigences de la RED II est disponible dans les fiches pays détaillées de l'outil Shares d'Eurostat. Selon EurObserv'ER, qui a compilé chaque sous-indicateur, la production d'électricité biomasse conforme a été mesurée à 151,2 TWh en 2023, ce qui signifie que 5,1 TWh d'électricité biomasse ont été écartés car non certifiés.

Sur le plan de la répartition, l'énergie éolienne maintient son statut de première filière renouvelable pour la production d'électricité renouvelable avec une part de 38,5 % (+ 1 pp), devant l'hydraulique avec 28,2 % (- 1,7 pp). L'énergie solaire, essentiellement photovoltaïque, est troisième avec 20,5 % (+ 2,3 pp). C'est elle qui bénéficie de la dynamique la plus favorable (+ 19,7 % entre 2022 et 2023), soit un gain de 41,6 TWh.

La production électrique d'origine éolienne croît moins rapidement (+ 9,3 %) mais présente un gain proche du solaire (+ 40,2 TWh). La production d'électricité biomasse, jugée conforme, est quatrième avec une part de 12,3 % (- 1,6 pp), avec une contribution négative de 9,3 TWh entre 2022 et 2023. La contribution de la géothermie et des énergies marines reste marginale dans la production d'électricité renouvelable, avec une part respective de 0,5 % et 0,04 %. La production totale de l'électricité renouvelable, soit le numérateur pris en compte pour calculer la part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité, est ainsi estimée à 1 230,1 TWh en 2023. La production d'électricité totale retenue (le dénominateur) est de 2 715,3 TWh en 2023. La part renouvelable dans la consommation brute d'électricité est ainsi estimée à 45,3 % en 2023 comparé à 41,2 % en 2022 (+ 4,1 pp), selon les spécifications et modalités de calcul de la RED II.

Le graphique 3 montre que la part de l'électricité renouvelable des États membres peut être extrêmement variable selon le potentiel énergies renouvelables, hydroélectrique et éolien notamment, et les politiques de soutien mises en place. En 2023, c'est l'Autriche qui dispose de la part électricité renouvelable la plus élevée (87,8 %), juste devant la Suède (87,5 %), qui devance le Danemark (79,4 %). La part de l'électricité renouvelable est également majoritaire au Portugal (63,0 %), en Croatie (58,8 %), en Espagne (56,9 %), en Lettonie (54,3 %), en Finlande (52,4 %) et en Allemagne (52,2 %), nouvelle arrivée dans ce club. Trois autres pays sont sur le point de produire une électricité majoritairement d'origine renouvelable, la Grèce (48,2 %), la Roumanie (47,4 %) et les Pays-Bas (46,4 %). En 2023, seuls 4 pays disposaient d'une part d'électricité renouvelable inférieure à 20 % : la Hongrie (19,5 %), le Luxembourg (18,0 %), la Tchéquie (16,4 %) et Malte (10,7 %).

LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT RENOUVELABLES DÉPASSENT LES 25 %

Décarboner les besoins de chauffage et de refroidissement, autrement dit supprimer ou hybrider avec du renouvelable les centrales, chaudières et appareils de chauffage utilisant des combustibles fossiles, est certainement le challenge le plus difficile auquel doivent faire face les pays membres de l'Union européenne. Cette décarbonation passe à la fois par le développement des énergies renouvelables thermiques,

chaudières industrielles et collectives et appareils de chauffage biomasse, systèmes solaires de type Cesi (chauffe-eau solaire individuel) ou combinés (eau chaude plus chauffage solaire), le développement des réseaux de chaleur renouvelable (biomasse et déchets, solaire et géothermique) et l'électrification des besoins de chaleur via des systèmes thermodynamiques de type pompes à chaleur. Il convient de préciser que l'énergie ambiante et géothermique utilisée pour le chauffage et le refroidissement au moyen de pompes à chaleur et de systèmes de réseaux de froid est prise en compte dans la comptabilité énergies renouvelables de la RED II, pourvu que le rendement énergétique final excède significativement l'apport énergétique primaire requis pour faire fonctionner les pompes à chaleur. La quantité de chaleur ou de froid devant être considérée comme de l'énergie produite à partir de sources renouvelables est calculée selon la méthode établie à l'annexe VII de la directive. La production d'énergie renouvelable utilisée pour le rafraîchissement et les réseaux de froid est bien mieux comptabilisée depuis que la Commission a défini une méthode de calcul spécifique (règlement délégué 3022/759 du 14 décembre 2021), modifiant l'annexe VII de la directive énergies renouvelables 2018/2001 (RED II). Initialement, l'annexe VII ne prévoyait qu'une méthode de calcul de l'énergie renouvelable provenant de pompes à chaleur utilisée pour le seul mode chauffage. La prise en compte d'un calcul spécifique pour le froid renouvelable depuis 2021 permet de différencier la production d'énergie renouvelable des pompes à chaleur utilisée pour le chauffage et les systèmes permettant la production de froid, comme les PAC réversibles en mode rafraîchissement et les réseaux de froid. Les réseaux de froid sont susceptibles de mobiliser des sources d'énergie renouvelable par le biais de pompes à chaleur mais également lorsque les groupes frigorifiques sont refroidis sur eau de mer ou de rivière, ou par l'utilisation directe d'une source d'eau naturellement froide, comme de l'eau de mer pompée en profondeur ou de l'eau de rivière en hiver.

En 2023, les sources renouvelables ont représenté un peu plus du quart (26,2 %) de la consommation totale d'énergie finale pour le chauffage et le refroidissement dans l'Union européenne, soit 1,2 point de pourcentage de plus qu'en 2022. Si la progression de la part renouvelable dans la chaleur et le froid est plus lente que celle dans l'électricité, elle a

tout de même pratiquement doublé depuis 2006 (part mesurée à 12,4 %). L'outil Shares d'Eurostat a ainsi mesuré la quantité d'énergie renouvelable totale utilisée pour le chauffage et le froid renouvelables à 110,8 Mtep en 2023 comparé à 111,4 Mtep en 2022 (- 0,5 % entre 2022 et 2023) et à 111,6 Mtep en 2021. Eurostat pourrait cependant, dans sa prochaine mise à jour, légèrement consolider à la baisse le total renouvelable de 2022 du fait d'une surestimation comptable dans les fichiers Shares de trois pays des biocombustibles solides conformes par rapport au total des biocombustibles solides utilisés. Selon les calculs d'EurObserv'ER, le total chaleur et froid renouvelables éligible de 2022 devrait être davantage proche de son niveau de 2023.

Le maintien de la consommation de chaleur et de froid renouvelables s'est effectué dans un contexte de diminution des besoins de chaleur et de froid à l'échelle de l'Union européenne, qui est passée de 484,7 Mtep en 2021 à 445,2 Mtep en 2022 puis à 422,3 Mtep en 2023. Les pompes à chaleur sont la technologie qui a le plus contribué à l'augmentation des énergies renouvelables pour les besoins de chauffage et de froid. La contribution de l'énergie renouvelable provenant des pompes à chaleur aux seuls besoins de chauffage a en effet augmenté de 2,2 Mtep, passant de 16,6 Mtep en 2022 et à 18,8 Mtep en 2023. Les énergies

renouvelables utilisées pour le rafraîchissement ou le froid, essentiellement via des systèmes thermodynamiques, ont été mesurées à 975 ktep en 2022 et à 998,1 ktep en 2023. Si on cumule pompes à chaleur pour le chauffage et froid renouvelable, leur part dans le total renouvelable est passée de 15,7 % en 2022 à 17,8 % en 2023, soit un gain de 2,1 pp.

À l'inverse, la contribution des biocombustibles solides est une nouvelle fois en diminution, de 79,8 Mtep en 2022 à 77,4 Mtep en 2023 (- 2,4 Mtep). Leur part dans le total renouvelable diminue de 72 % à 69,9 %. La biomasse, dans toutes ses composantes, reste de loin l'énergie renouvelable la plus utilisée pour le chauffage, si on ajoute à la biomasse solide le biogaz conforme (4,2 % en 2023), y compris celui mélangé au réseau de gaz naturel, les déchets municipaux renouvelables (3,5 %), la biomasse liquide conforme (1,0 %) et le charbon de bois (0,3 %), elle représente un total de 78,9 % en 2023 (80,9 % en 2022). Le solaire thermique et la géothermie complètent l'ensemble avec une part respective de 2,4 % et 0,9 % en 2023 (2,5 % et 0,9 % en 2022).

Au niveau des États membres, la part d'énergie renouvelable utilisée dans le chauffage et le refroidissement est logiquement plus importante dans les pays forestiers, la biomasse restant de loin la principale source de chaleur renouvelable. C'est cette fois la Suède qui

est en haut du classement avec une part de 67,1 % en 2023 (- 2,7 pp par rapport à 2022), un pays qui exploite à la fois pleinement son potentiel forestier (industries et réseaux de chaleur) et qui a généralisé l'utilisation des pompes à chaleur dans l'habitat. Elle est également majoritaire en Estonie (66,7 %, + 1,2 pp), en Lettonie (61,4 %, + 0,4 pp), en Finlande (61,3 %, + 3 pp), au Danemark (54,9 %, + 2,6 pp) et en Lituanie (53,6 %, + 2,1 pp). Elle reste en revanche fortement minoritaire en Allemagne (17,1 %, - 0,5 pp), au Luxembourg (15,5 %, - 0,1 pp), en Belgique (11,3 %, + 9,7 pp), aux Pays-Bas (10,2 %, + 1,1 pp) et en Irlande (7,9 %, + 2,3 pp).

OBJECTIF RENOUELABLE : PASSER DE 24,6 % À 42,5 % EN 7 ANS

Points de pourcentage après points de pourcentage, la part des énergies renouvelables continue d'augmenter. Selon Eurostat, l'UE a atteint en 2023 une part de 24,6 % de sa consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables, soit environ 1,5 point de pourcentage de plus qu'en 2022 et 2,7 de plus qu'en 2021. Avec la directive européenne 2023/2413 (dite RED III), l'objectif de l'UE en matière d'énergies renouvelables pour 2030 passe de 32 % à 42,5 % (avec l'ambition de l'augmenter à 45 %). Par conséquent, les pays de l'UE doivent intensifier leurs efforts pour respecter collectivement le nouvel objectif de l'UE pour 2030, qui nécessite d'augmenter la part des sources d'énergie renouvelable dans la consommation finale brute d'énergie de l'UE de près de 18 points de pourcentage, au minimum, et ce dans l'espace de sept années.

Certains pays sont déjà très au-dessus de cette marque, comme la Suède (part de 66,4 % en 2023), la Finlande (50,8 %) et la Lettonie (43,3 %). Ces pays, et on pourrait ajouter l'Estonie (38,5 %), ont la particularité de pouvoir s'appuyer sur un patrimoine forestier conséquent qu'ils ont su mettre économiquement en valeur, mais disposent également d'importantes ressources hydroélectriques. Ils ont également la particularité d'avoir généralisé le chauffage par pompes à chaleur, investi dans des réseaux de chaleur majoritairement renouvelables et dans une filière éolienne en pleine expansion, et plus récemment dans le solaire photovoltaïque. Le Danemark (44,4 %), moins bien doté en ressources forestières et hydrauliques, a su verdir son mix énergétique, à la fois sur l'électricité et la chaleur, en développant une industrie et une filière de production éolienne

de premier ordre (terrestre et maritime), en étant précurseur dans le biogaz de codigestion, les pompes à chaleur, mais aussi en intégrant très fortement les énergies renouvelables dans ses réseaux de chaleur, avec de la biomasse solide, du solaire thermique, de la géothermie et plus récemment des PAC de grande puissance. Il est intéressant de prendre le Danemark en exemple car c'est le pays de l'Union européenne qui a le plus augmenté sa part d'énergies renouvelables entre 2004 et 2023, partant d'une part relativement basse en 2004 (14,8 %) jusqu'à atteindre une part de 44,4 % en 2023 (+ 29,6 pp). Cette part aurait même pu augmenter à 45,3 % (+ 30,5 pp) si le pays n'avait pas fait le choix de transférer (via les mécanismes de transferts statistiques) une partie de sa production pour aider la Belgique et le Luxembourg à remplir leurs engagements. Le Danemark est un exemple de transition énergétique très rapide et montre la voie aux pays disposant encore de faibles proportions d'énergies renouvelables comme la Pologne (16,6 %), l'Irlande (15,3 %), Malte (15,1 %), la Belgique (14,7 %) et le Luxembourg (14,4 %). Il convient de préciser que ces derniers n'ont pas été inactifs car ils disposaient d'une part d'énergies renouvelables marginale en 2004.

Parmi les progressions les plus rapides, les Pays-Bas peuvent également être mis en avant. Depuis 2018, en l'espace de 5 ans, le pays a augmenté sa part renouvelable de 10 points de pourcentage, passant de 7,4 % à 17,4 %, et ce au prix d'un verdissement très rapide de son système électrique, via entre autres l'installation de parcs éoliens offshore et de centrales photovoltaïques terrestres et en toiture. Il est devenu en quelques années le premier pays de l'Union européenne sur le plan de la puissance photovoltaïque par habitant. Ce rythme de progression s'explique également par une politique active dans le domaine des transports (biocarburant et électrification des transports routiers) et de promotion des systèmes de pompes à chaleur. De manière générale, l'électrification des transports et l'électrification des besoins de chaleurs et de froid sont assurément, en parallèle à l'augmentation de la part renouvelable dans la production d'électricité, les moyens les plus sûrs pour que collectivement l'Union européenne parvienne à atteindre les objectifs de 2030, sans pour autant négliger les apports directs de la chaleur biomasse, solaire et géothermique pour la production d'eau chaude et de chauffage. ■



ÉNERGIE PARTAGÉE



INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LE PARC DE BÂTIMENTS ET L'INFRASTRUCTURE URBAINE

La part des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments en Europe a beaucoup progressé au cours des dernières années. Ces énergies sont en général particulièrement efficaces pour la production d'électricité. Leur utilisation reste cependant un peu à la traîne dans le secteur du chauffage et du refroidissement. En 2022, les énergies renouvelables ont représenté environ 41 % de la production d'électricité, soit environ 4 points de plus que l'année précédente (Eurostat). Dans le chauffage et le refroidissement, elles ne représentaient qu'environ 25 % de la production, soit 2 points de plus qu'en 2021 (Eurostat). Dans le même temps, le chauffage et le refroidissement sont

les postes les plus énergivores des bâtiments. Dans les immeubles résidentiels, le chauffage et le refroidissement de l'espace représentent jusqu'à 70 % de la consommation électrique, tandis que l'éclairage et les appareils ménagers n'en représentent qu'environ 14 % (EU building factsheets). Dans cette partie, le premier chapitre se concentre sur l'intégration des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments et l'infrastructure urbaine pour le chauffage et le refroidissement. Le second chapitre s'intéresse à l'intégration de l'électricité d'origine renouvelable, en se concentrant sur l'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque.

INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

Diverses technologies décentralisées dans les bâtiments ou centralisées dans des réseaux de chaleur répondent à la demande en chauffage et refroidissement. Les technologies renouvelables de chauffage décentralisées dans les bâtiments sont, notamment, les pompes à chaleur, les chaudières électriques, les chaudières biomasse et les capteurs solaires thermiques. Les infrastructures de chauffage centralisé sont des réseaux de chauffage collectif qui reposent sur des canalisations souterraines pour transporter la chaleur aux nombreux consommateurs. Il convient de différencier les réseaux de gaz des réseaux de chaleur. Les réseaux de chaleur s'appuient sur des centrales à grande échelle, comme les centrales de cogénération biomasse, les centrales de géothermie profonde, les champs de capteurs solaires thermiques et les pompes à chaleur à grande échelle. Les pompes à chaleur peuvent donc fonctionner à partir de nombreuses sources différentes, comme l'air, l'eau issue de cours d'eau, de lacs ou de la mer, ou encore les eaux usées des stations d'épuration. Les indicateurs de consommation et de marché relatifs à l'intégration de chauffage par les énergies renouvelables dans le parc immobilier et l'infrastructure urbaine visent à présenter la situation actuelle de l'utilisation des énergies renouvelables et la dynamique

de leur déploiement. En raison de l'importance et de l'hétérogénéité du parc immobilier, mais aussi de la longue durée de vie des systèmes de chauffage et des bâtiments, la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie évolue lentement, alors que les parts de marché reflètent les changements à la marge.

NOTE MÉTHODOLOGIQUE POUR ÉVALUER L'INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

La part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement du parc immobilier indique dans quelle mesure les différentes sources d'énergie renouvelable sont utilisées dans le secteur du bâtiment. C'est le quotient de la demande finale en énergie renouvelable pour le chauffage et le refroidissement, par la totalité de la demande finale en énergie dans les bâtiments, en incluant l'électricité pour le chauffage, y compris de l'eau. La part totale des énergies renouvelables et de la chaleur résiduelle est dérivée des parts de la biomasse, du solaire thermique, des réseaux de chaleur (en tenant compte de la part des énergies renouvelables et de la chaleur résiduelle dans les réseaux

de chaleur), des pompes à chaleur et de l'électrification directe (en tenant compte de la part des énergies renouvelables dans la génération d'électricité). Alors que les parts des différents vecteurs énergétiques reflètent l'énergie finale, la part totale des renouvelables et de la chaleur résiduelle s'appuie sur l'énergie utile pour estimer correctement la contribution des pompes à chaleur.

La part des énergies renouvelables dans les réseaux de chaleur représente le type de vecteur énergétique qu'ils utilisent. Elle est calculée à partir de la quantité d'énergie générée par les technologies renouvelables pour les réseaux de chaleur, divisée par l'énergie totale générée pour eux qui provient aussi de carburants d'origine fossile. Cet indicateur donne donc un aperçu de la part d'énergie durable dans l'alimentation des réseaux de chaleur. La part totale des énergies renouvelables et de la chaleur résiduelle industrielle dans les réseaux de chaleur s'appuie sur l'énergie utile de la biomasse, des biocarburants, de la géothermie, de la chaleur résiduelle industrielle, des chaudières électriques et des pompes à chaleur (en tenant compte de la part des énergies renouvelables dans la génération d'électricité).

La part des différentes technologies renouvelables installées dans le parc immobilier en matière de chauffage est

également détaillée. Cela représente les unités de chauffage installées d'un logement, exprimées en pourcentage de l'ensemble des logements. L'électricité solaire étant principalement utilisée en combinaison avec d'autres technologies, elle n'est pas considérée comme un système autonome. En revanche, le chauffage électrique est inclus dans les différentes technologies installées, en tant que système autonome. C'est une technologie qui joue un rôle important pour le chauffage, dans certains pays.

Contrairement à la part des énergies renouvelables dans la consommation et sur le marché, la part des technologies renouvelables dans les ventes de chauffage représente la dynamique et le développement des énergies

renouvelables, à la marge. Ces parts de marché illustrent la part des technologies renouvelables de chauffage vendues par rapport à l'ensemble des unités de chauffage vendues. Elles peuvent varier d'une année à l'autre, dans chaque pays. Les données sur les ventes n'étant pas disponibles pour toutes les technologies ou tous les pays, le nombre de remplacements de systèmes de chauffage est évalué à partir du nombre de remplacements dans les parts des ventes de chauffage. Bien que l'énergie solaire thermique soit principalement utilisée en combinaison avec d'autres systèmes, elle est présentée ici séparément, afin de mettre en avant son importance et sa dynamique.

La part d'électricité renouvelable pour le chauffage dans le

parc immobilier est utilisée pour illustrer l'importance croissante de l'électricité dans le secteur du chauffage. En divisant la consommation d'électricité renouvelable pour le chauffage électrique direct et pour les pompes à chaleur par la demande finale de chauffage des bâtiments, cet indicateur peut être utilisé pour suivre les avancées de l'électricité renouvelable pour le déploiement de solutions de chauffage.

La part de l'intégration des technologies montre le degré d'association des secteurs du chauffage et de l'électricité dans les technologies décentralisées des bâtiments. La part totale des chaudières électriques directes et des pompes à chaleur décentralisées dans les bâtiments est décrite à cet effet.



RÉSULTATS DE L'INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION DE CHALEUR ET DE REFROIDISSEMENT

La figure 1 présente la part des énergies renouvelables dans la consommation de chaleur et de refroidissement, en 2022, pour les bâtiments résidentiels et les services. Il s'agit d'un indicateur combiné de l'intégration de ces énergies dans les bâtiments et l'infrastructure urbaine. Il représente la part d'énergie renouvelable dans la totalité de la demande finale en énergie pour le chauffage et le refroidissement (chauffage décentralisé et réseaux de chaleur centralisés). En raison des faibles taux de rem-

placement et de la longue durée de vie des systèmes de chauffage et de refroidissement, la part des énergies renouvelables dans la consommation évolue très peu d'une année à l'autre.

Le gaz reste une source de chauffage incontournable pour la plupart des pays, notamment les Pays-Bas, l'Italie, la Slovaquie, la Belgique, l'Allemagne et le Luxembourg, où il domine le secteur. Les chaudières au fioul connaissent quant à elles un recul constant sur le marché du chauffage, mais constituent toujours une source de chauffage importante en Irlande, à Chypre, en Grèce, au Luxembourg et en Belgique. En Pologne, plus de 20 % des systèmes de chauffage fonctionnent

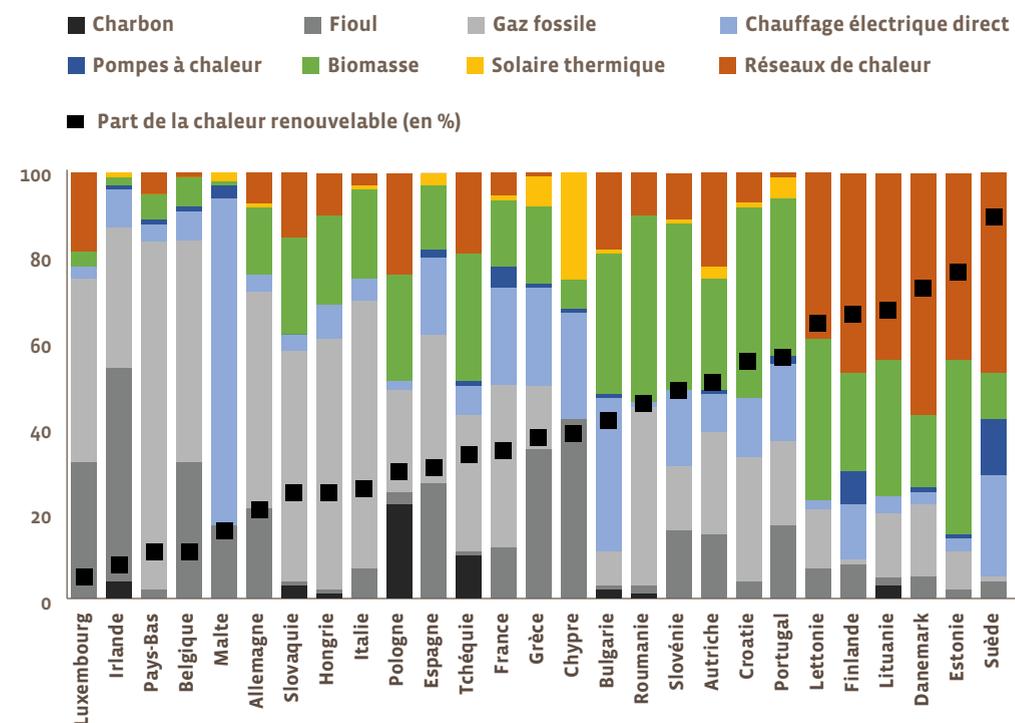
au charbon, alors que le chauffage électrique direct prédomine à Malte. Plus de 20 % du chauffage de la Bulgarie, de Chypre, de la Suède, de la Grèce et de la France est aussi assuré par le chauffage électrique direct. Les réseaux de chaleur prévalent particulièrement dans les pays scandinaves et baltes, occupant la majeure partie du marché. Les pays d'Europe de l'Est possédant des réseaux de chaleur historiquement bien établis s'appuient également beaucoup sur ces solutions.

La part de chaleur résiduelle issue de procédés industriels et de sources renouvelables correspond à la part totale d'énergies renouvelables dans le chauffage décentralisé et dans le chauffage



1

Parts dans la consommation de chaleur en 2022



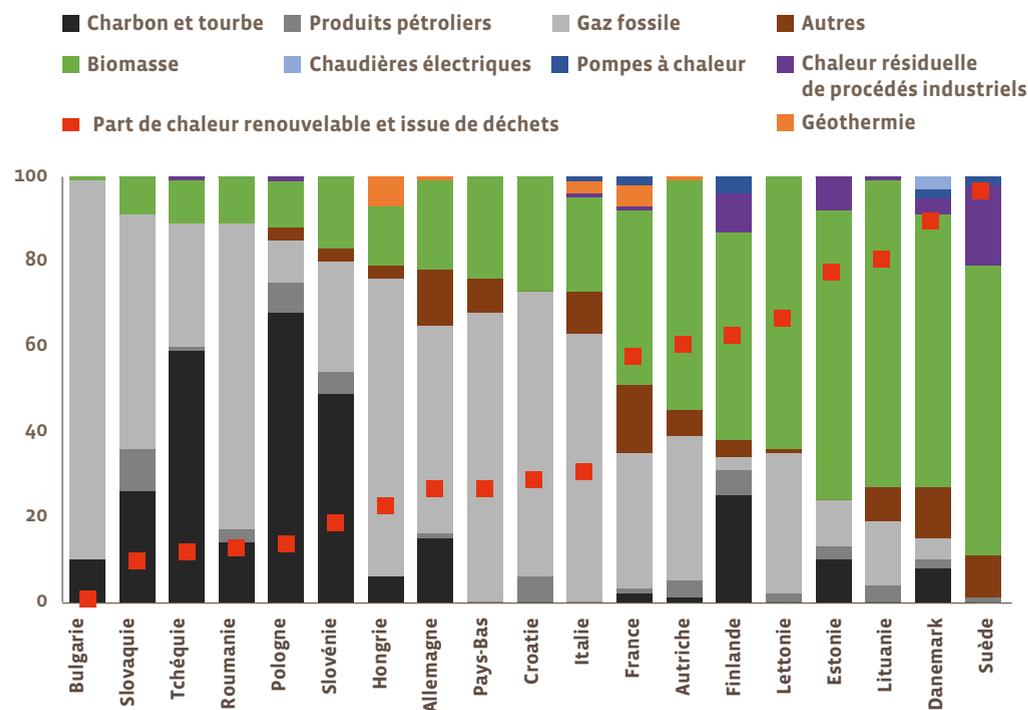
Remarques : Les réseaux de chaleur comprennent la chaleur dérivée obtenue en brûlant des combustibles tels que le charbon, le gaz naturel, le fioul, les énergies renouvelables (biocarburants) et les déchets, ou encore en transformant de l'électricité en chaleur au moyen de chaudières électriques ou de pompes à chaleur. Les parts des vecteurs énergétiques reposent sur leur énergie finale, tandis que la part totale des renouvelables et de la chaleur résiduelle s'appuie sur l'énergie utile (COP des pompes à chaleur = 3).
Source : calculs propres basés sur diverses sources : Eurostat, rapport « European heat pump market and statistics report » de l'Ehpa et projet Heat Roadmap Europe

centralisé par réseau de chaleur. Elle comprend les parts d'énergies renouvelables dans l'électricité utilisée pour générer de la chaleur. Les énergies renouvelables et la chaleur résiduelle dominent en Suède (90 %), en Estonie (77 %), au Danemark (73 %), en Lituanie (68 %), en Finlande (67 %) et en Lettonie (65 %). Ces pays sont en outre ceux qui utilisent le plus les réseaux de chaleur en Europe et soulignent l'intérêt de cette solution pour intégrer massivement les énergies renouvelables et la

chaleur résiduelle qui ne peuvent pas être utilisées dans des systèmes de chauffage individuels. De leur côté, la Croatie (56 %), la Slovaquie (49 %) et la Roumanie (46 %) affichent des parts de marché importantes dans les énergies renouvelables en raison de leur utilisation très décentralisée de la biomasse, qui constitue un combustible peu onéreux pour le chauffage. L'utilisation décentralisée de la biomasse est aussi fortement représentée en Estonie, au Portugal, en Lettonie et

en Bulgarie. Les pompes à chaleur décentralisées gagnent chaque année en importance. Des parts de marché plus grandes sont toutefois atteintes principalement dans les pays scandinaves comme la Suède (13 %) et la Finlande (8 %). Le solaire thermique constitue la technologie la moins utilisée dans la plupart des pays. Il est principalement utilisé dans les pays du sud de l'Europe où le rayonnement solaire est potentiellement élevé, comme Chypre (25 %) ou la Grèce (8 %).

Mix énergétique des réseaux de chaleur en 2022



Remarques : Basé sur les données de 2022 pour : la Hongrie, la France, l'Italie, l'Autriche, l'Allemagne, la Suède, la Finlande, l'Estonie, le Danemark, la Lituanie, la Pologne, la Tchéquie, la Lettonie, la Croatie et la Slovaquie ; sur les données de 2021 pour : les Pays-Bas, la Roumanie, la Slovaquie et la Bulgarie. La catégorie « autres » inclut les énergies de type renouvelable ou non, comme : les déchets non renouvelables, le solaire thermique... Les parts des vecteurs énergétiques reposent sur leur énergie finale, tandis que la part totale des renouvelables et de la chaleur résiduelle s'appuie sur l'énergie utile (COP des pompes à chaleur = 3). Source : calculs propres basés sur diverses sources : Eurostat, rapport « DHC market outlook » d'Euroheat & Power et données issues d'instituts nationaux de statistique des États membres

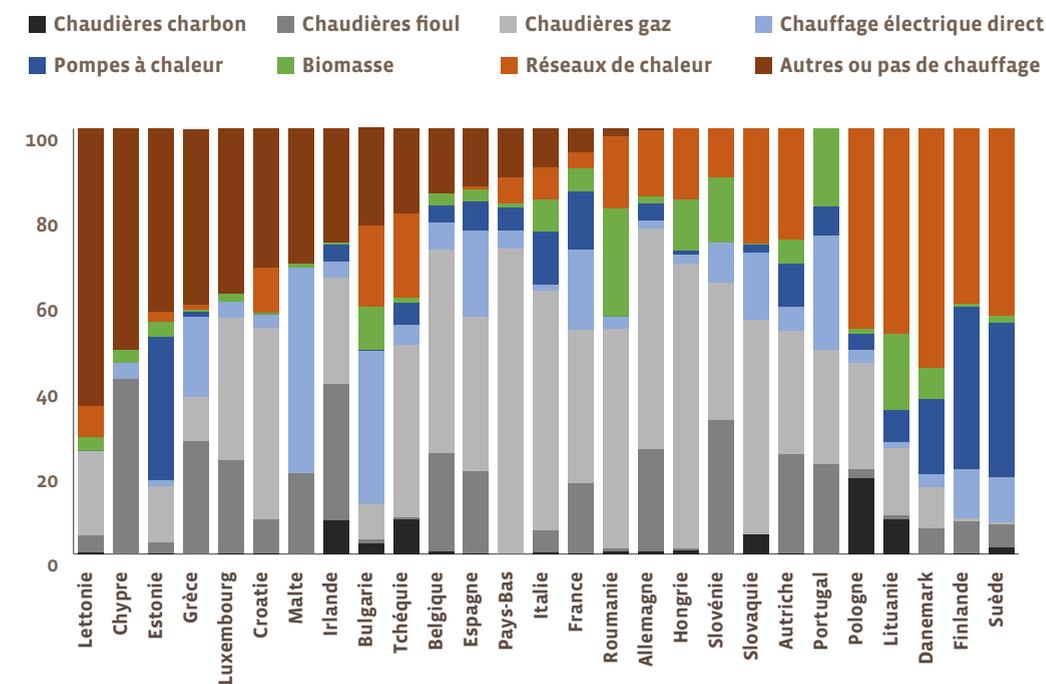
PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LES RÉSEAUX DE CHALEUR

La figure 2 illustre le mix énergétique des réseaux de chaleur dans les pays où le chauffage urbain couvre au moins 2 % de la demande en chauffage en 2022. Dans la plupart des pays, les réseaux de chaleur existants fonctionnent toujours à partir de carburants fossiles, principalement le gaz naturel et le charbon. Le charbon et la tourbe sont majoritairement

utilisés en Pologne (68 %), en République tchèque (59 %) et en Slovaquie (49 %). L'utilisation de produits pétroliers pour alimenter les réseaux de chaleur joue toujours un rôle important dans le mix énergétique de la Slovaquie (10 %). De leur côté, la Suède (97 %), le Danemark (90 %), la Lituanie (81 %) et l'Estonie (78 %) utilisent une très grande part d'énergies renouvelables et de chaleur résiduelle de procédés industriels pour leurs réseaux de chaleur.

Les biocarburants issus de la biomasse, du biogaz et des déchets renouvelables sont les énergies renouvelables qui prédominent dans les réseaux de chaleur. Ces derniers fonctionnent principalement à partir de biocarburants en Lituanie (72 %), en Suède (68 %), en Estonie (68 %), au Danemark (64 %), en Lettonie (64 %), en Autriche (54 %), en Finlande (49 %) et en France (41 %). Les pompes à chaleur à grande échelle sont surtout utilisées en Finlande (7 %), en

Part des systèmes de chauffage aux énergies renouvelables installés dans le parc immobilier en 2022



Remarques : L'énergie solaire n'est pas considérée comme un système autonome, car elle est principalement utilisée en combinaison avec d'autres systèmes. Les données de chauffage par chaudière à gaz, charbon et fioul du parc immobilier sont celles de 2020 qui ont été ajustées par rapport aux changements de consommation (en tenant compte des degrés-jours de chauffage). Source : calculs propres basés sur diverses sources : Eurostat, rapport « European heat pump market and statistics report » de l'Ehpa, rapport statistique de Bioenergy Europe, rapport « DHC market outlook insights & trends 2023 » d'Euroheat & Power et statistiques du marché de Solar Heat Europe

Suède (2 %) et au Danemark (2 %). La chaleur résiduelle issue de procédés industriels représente une part de marché importante en Suède (19 %), en Finlande (9 %) et en Estonie (8 %). La géothermie ne représente que des parts infimes dans une poignée de pays, comme la Hongrie (7 %) et la France (5 %). Le solaire thermique joue un rôle pratiquement négligeable dans le mix des réseaux de chaleur de l'UE et figure donc dans la catégorie « autres ». Le Danemark fait figure d'exception avec une part

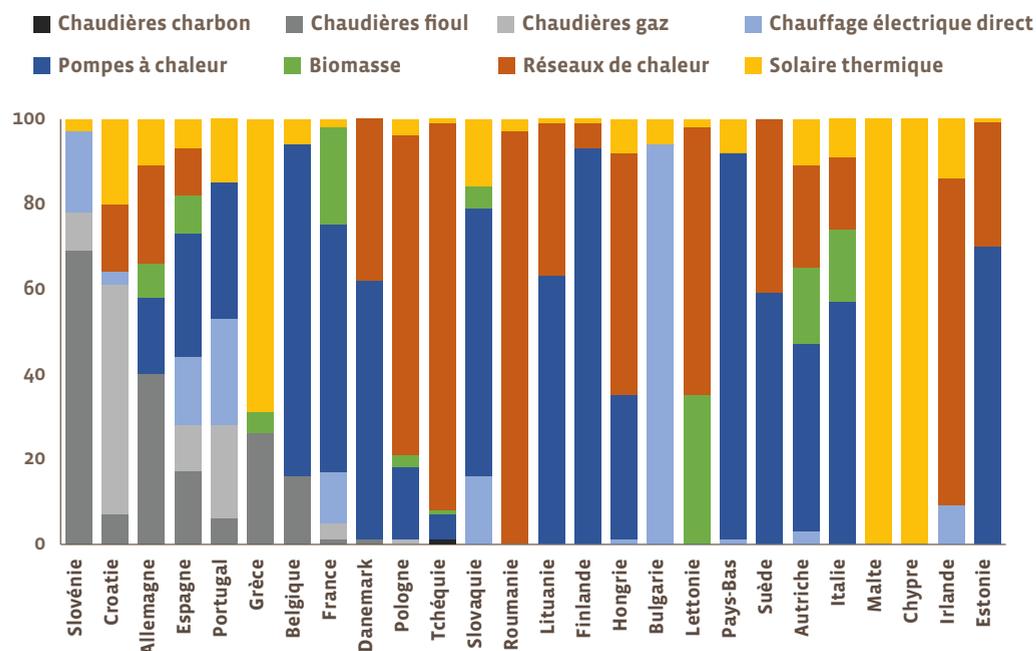
d'énergie solaire thermique relativement élevée (jusqu'à 2 %) dans ses réseaux de chaleur.

PART DE CHAUFFAGE AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LE PARC IMMOBILIER ET LES VENTES

La figure 3 illustre la part des différentes technologies dans le parc immobilier. Contrairement à la figure 1, elle représente la part des ménages disposant des différentes technologies de chauffage et regroupe les systèmes inconnus

ou l'absence de chauffage dans une catégorie supplémentaire appelée « autres ou pas de chauffage ». Cette catégorie est fortement représentée en Lettonie, à Chypre, en Estonie et en Grèce. Du fait des conditions climatiques, certains logements peuvent ne comporter qu'un petit appareil de chauffage ou un poêle qui n'est pas pris en compte dans les statistiques. De plus, la part élevée de systèmes de chauffage inconnus induit des problèmes statistiques. Le solaire thermique n'étant

Part des ventes de chauffage aux énergies renouvelables en 2022



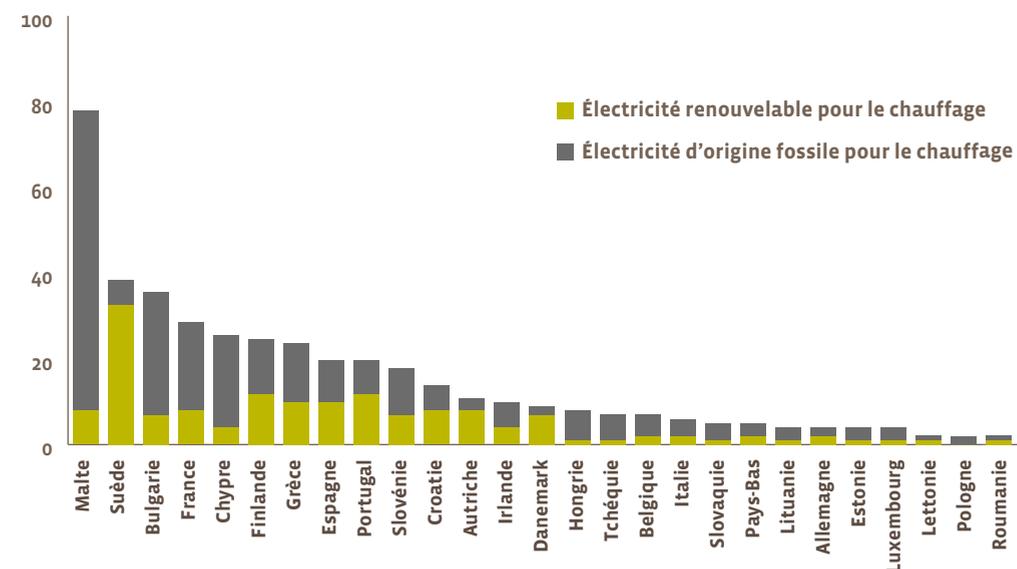
Remarques : Les chaudières au fioul et électriques et les réseaux de chaleur sont calculés en fonction de la part des remplacements dans le parc immobilier. Une installation solaire thermique pour un ménage utilise 4 m² de capteurs. Le Luxembourg est exclu par manque de données. Selon une association allemande (BDH), l'Allemagne a également enregistré des ventes de chaudières à gaz en 2022, mais aucune vente nette n'a été observée (en raison de la méthodologie utilisée, qui s'intéresse au remplacement dans le parc existant). La part élevée de solaire thermique à Malte et à Chypre s'explique aussi du fait de la méthodologie employée. Dans une moindre mesure, d'autres systèmes de chauffage, comme les chaudières électriques ou les pompes à chaleur, peuvent aussi être vendus dans ces pays. Source : calculs propres basés sur diverses sources : Eurostat, rapport « European heat pump market and statistics report » de l'Ehpa, rapport statistique de Bioenergy Europe et statistiques du marché de Solar Heat Europe

pas inclus ici en tant que système distinct, les logements qui utilisent uniquement l'énergie solaire thermique pour le chauffage font également partie de ce groupe. La part « autres ou pas de chauffage » est toutefois en recul dans la plupart des pays par rapport à l'année précédente, ce qui indique une meilleure disponibilité des données. La figure 4 illustre la part (nette) des ventes des technologies utilisées pour le chauffage des bâtiments.

Contrairement à la figure 3, elle souligne la dynamique du marché du chauffage en montrant la part des ventes des technologies renouvelables de chauffage pour l'année concernée. En raison de l'absence de données, la part des ventes des chaudières au fioul et électriques et des réseaux de chaleur est calculée à partir du nombre de remplacements dans le parc immobilier. Les ventes de ces technologies reflètent donc des remplacements nets.

La dynamique des pompes à chaleur est très forte dans la plupart des pays, notamment en Finlande, aux Pays-Bas, en Belgique, en Estonie, en Lituanie, en Slovaquie, au Danemark et en Suède. Les technologies de chauffage électrique direct sont remplacées par des pompes à chaleur et ne représentent une grosse part du marché que dans une poignée de pays, comme la Bulgarie et le Portugal. L'énergie

Part de l'électricité renouvelable et d'origine fossile dans le chauffage en 2022



Source : calculs propres basés sur d'autres indicateurs et sur Eurostat

solaire thermique représente une très grande part des ventes dans les pays où elle occupe déjà une place importante, comme à Malte, à Chypre et en Grèce. Les chaudières à biomasse affichent une belle progression en Lettonie, en France et en Autriche. Les ventes de systèmes de chauffage fonctionnant à partir de combustibles fossiles sont toujours importantes dans des pays comme la Slovaquie, la Croatie et l'Allemagne. Dans l'ensemble, la part des énergies renouvelables dans les ventes révèle une plus grande dynamique que l'année précédente dans la plupart des États membres. L'utilisation des technologies renouvelables dans

les systèmes de chauffage a donc décollé et contribue de plus en plus aux objectifs de réduction des émissions de GES.

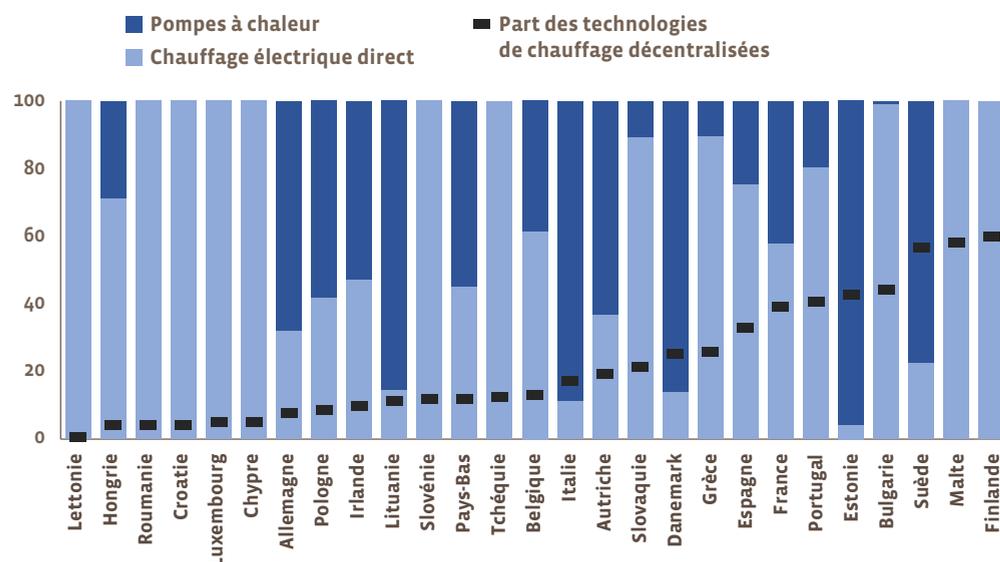
PART DE L'ÉLECTRICITÉ RENEUVABLE POUR LE CHAUFFAGE

Avec l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité, le chauffage électrique gagne en importance. La figure 5 illustre la part d'électricité renouvelable utilisée pour le chauffage des immeubles, y compris la part d'électricité alimentant les réseaux de chaleur. Cet indicateur montre donc la part de l'électricité renouvelable utilisée pour le chauffage électrique

direct et les pompes à chaleur, à petite et grande échelles. La figure 5 montre que, même si l'électricité gagne du terrain en tant que source de chaleur, la moyenne d'utilisation des énergies renouvelables pour le chauffage reste inférieure à 6 % dans l'UE. Malte et la Suède sont les pays utilisant le plus d'électricité renouvelable dans leur mix de solutions de chauffage. La Bulgarie, la France, Chypre, la Finlande et la Grèce possèdent également une part d'électricité importante dans leur mix (plus de 20 %). À Malte, en Bulgarie, à Chypre et en France, l'électricité est en grande partie produite à partir de sources non renouvelables (y compris le nucléaire).

6

Parts de marché de l'intégration des technologies (décentralisées) dans le secteur en 2022



Sources : d'après les indicateurs du marché.

PART DE L'INTÉGRATION DES TECHNOLOGIES

L'intégration de l'électricité et du chauffage peut constituer une grosse partie de l'intégration des énergies renouvelables, principalement en augmentant la part de l'électricité renouvelable utilisée pour le chauffage. La figure 6 montre la part de l'intégration des technologies (décentralisées) dans les bâtiments, comme les pompes à chaleur et les chauffages électriques directs (décentralisés). À Malte, en Suède et en Finlande, les parts de marché dépassent 40 %, et en Bulgarie, en Estonie, au Portugal et en France, elles atteignent plus de 30 %.

CONCLUSION DE L'INTÉGRATION DANS LES BÂTIMENTS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

En conclusion, les chaudières à combustible fossile restent une technologie de chauffage très répandue, devant les réseaux de chaleur. La consommation et les parts de marché des chaudières au charbon et au fioul déclinent progressivement. Toutefois, en raison de la longue durée de vie de ces chaudières et du fait qu'elles sont toujours commercialisées, elles devraient continuer à jouer un rôle important au cours des prochaines années.

Malgré la progression relativement forte des pompes à chaleur dans certains pays, les parts de consommation demeurent faibles

par rapport aux systèmes de chauffage à combustibles fossiles. Toutefois, l'électricité renouvelable utilisée dans les chauffages électriques directs et les pompes à chaleur pourrait potentiellement devenir une solution dominante en tant que solution d'énergie renouvelable pour la fourniture de chauffage et de refroidissement dans les secteurs résidentiel et tertiaire. De même, les centrales solaires thermiques ont du potentiel et leur progression est plutôt élevée dans certains pays.

Plusieurs pays affichent une consommation élevée et une belle

dynamique commerciale pour les énergies renouvelables. Les pompes à chaleur sont de plus en plus utilisées dans les pays scandinaves, tandis que la biomasse joue encore un rôle important dans plusieurs pays d'Europe de l'Est. Dans l'ensemble, le secteur du chauffage et du refroidissement a progressé, et les technologies renouvelables ont pris de l'importance par rapport aux années précédentes. Il reste toutefois nécessaire de mettre en place d'autres actions pour atteindre les objectifs énergétiques et climatiques.



INTÉGRATION DE L'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE (AUTOCONSOMMATION)

L'exploitation du potentiel de l'électricité renouvelable produite par des systèmes solaires photovoltaïques (PV) joue un rôle crucial pour faire évoluer, mais aussi pour « démocratiser » la transition énergétique de l'Union européenne (UE) et impliquer les citoyens. Outre les installations à grande échelle, la décentralisation de ces solutions a mis sur le devant de la scène des acteurs indépendants comme des ménages, des entreprises ou des coopératives qui agissent en autoproduction et autoconsommation. Selon la nature du propriétaire des actifs générant l'électricité, nous distinguons deux formes différentes d'autoconsommation : individuelle et collective. L'autoconsommation individuelle est généralement produite et consommée sur place, tandis que l'autoconsommation collective, par exemple les communautés énergétiques, peut être consommée sur place (par exemple des maisons abritant plusieurs familles) ou ailleurs (pour les centrales électriques de plus grande échelle). Cette évolution permet à divers acteurs de participer activement au façonnage de la transition énergétique en tenant compte de leurs capacités différentes.

Le présent chapitre étudie l'intégration sur site de l'électricité issue de sources d'énergie renouvelable. Il se concentre sur l'auto-production et l'autoconsommation d'énergie solaire photovoltaïque

(PV), qui constitue la technologie disponible la plus mature et abordable, et donc la plus répandue. Ce chapitre s'intéresse plus particulièrement aux systèmes BAPV, appliqués aux bâtiments, par opposition aux BIPV, intégrés aux bâtiments.

Au cours des dernières années, la capacité installée cumulée de systèmes photovoltaïques a significativement augmenté dans les États membres de l'UE. Cette évolution va également de pair avec celle des mécanismes incitatifs des États membres visant à combler les potentiels obstacles financiers des systèmes solaires photovoltaïques et à encourager leur adoption. Les cadres réglementaires d'autoconsommation diffèrent considérablement d'un État membre à l'autre et les pays proposent des incitations et mécanismes de rémunération différents. De nouvelles tendances sont apparues ces dernières années, notamment avec l'abandon progressif des tarifs d'achat, qui sont remplacés par des systèmes de comptage et de facturation nette. Les différences clés entre les tarifs d'achat et les systèmes de comptage et de facturation nette concernent la manière dont le surplus d'électricité est appréhendé (fixation des prix, achat et vente) par chaque mécanisme. Les tarifs d'achat offrent un prix fixe pour l'électricité excédentaire vendue au réseau, tandis que les systèmes de

comptage et de facturation nette impliquent de créditer ou de rémunérer les ménages pour l'électricité excédentaire qu'ils injectent sur le réseau public, avec une rémunération variable du net.

Avant de décider d'installer un système photovoltaïque de génération d'électricité sur un bâtiment, il convient d'évaluer le temps qu'il faudra à l'installation pour atteindre son seuil de rentabilité et d'estimer si l'investissement sera rentable dans un avenir proche. Une fois l'installation mise en fonctionnement, les propriétaires du bâtiment ou du système photovoltaïque doivent décider de la meilleure manière d'allouer l'électricité autoproduite. Le choix d'utiliser tout ou partie de l'électricité produite pour un usage personnel, ou de l'injecter dans le réseau pour toucher une rémunération dépend d'interactions complexes entre des facteurs économiques, mais aussi des motivations et préférences personnelles. Outre les revenus attendus du rachat d'électricité autoproduite, le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE) et la rémunération de l'énergie injectée dans le réseau, le prix de détail de l'électricité a également un effet majeur sur la rentabilité de l'investissement et in fine sur la décision de passer à l'autoconsommation. Il peut être déterminant de combiner l'autoconsommation d'électricité photovoltaïque et des technologies complémentaires, comme le

stockage de l'électricité et de la chaleur (principalement des batteries, pompes à chaleur, véhicules électriques ou installations de stockage de la chaleur) pour augmenter la part d'autoconsommation et optimiser la coordination de l'offre et la demande.

APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE POUR ÉVALUER L'AUTOCONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Bien qu'il s'agisse d'un phénomène important et grandissant dans le paysage énergétique de l'UE, l'autoconsommation n'est toujours pas surveillée et évaluée de manière systématique dans les différents États membres, et des indicateurs uniformes font défaut. Il est donc difficile de l'évaluer dans sa totalité et d'établir des comparaisons dans le temps entre pays. Dans le but de minimiser cette lacune, la présente analyse évalue l'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque au sein de l'UE sous plusieurs angles. Pour ce faire, elle combine la collecte de données empiriques et des approches technico-économiques. La part d'autoconsommation constitue l'un des principaux indicateurs pour évaluer l'évolution de l'autoconsommation dans un pays donné. En substance, la part d'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque peut être définie comme la part de la production photovoltaïque totale directement consommée par le propriétaire d'un système photovoltaïque.

Pour évaluer l'autoconsommation d'énergies renouvelables dans les bâtiments et ainsi obte-

nir un panorama holistique, nous avons combiné trois approches différentes.

D'abord, une **évaluation empirique** a été réalisée à partir de données extraites d'études. Des questionnaires ont été adressés à des interlocuteurs nationaux, comme des bureaux nationaux de statistique, des ministères, des agences de l'énergie... avant d'être compilés et évalués. Dans certains cas, ces informations ont été complétées par des études et des rapports, mais aussi à partir de sites Internet. Ces données empiriques livrent des informations sur la part de l'autoconsommation dans différents pays, mais sans se concentrer sur les systèmes photovoltaïques résidentiels de petite échelle. Il était demandé aux pays de donner leur capacité photovoltaïque cumulée et annuelle installée, ainsi que la quantité d'électricité photovoltaïque brute produite et la part de l'autoconsommation.

Ensuite, l'**étude technique** calcule la part d'autoconsommation technique par pays définie comme le chevauchement du profil de génération (production d'énergie solaire photovoltaïque) et le profil de charge (consommation résidentielle d'énergie). Le type d'investissement le plus probable est un système photovoltaïque résidentiel sans stockage par batterie (ni stationnaire ni mobile) ni appareils de conversion d'électricité en chaleur. Ce choix est motivé par la granularité ou la disponibilité limitée des données sur le stockage et la répartition de la consommation énergétique résidentielle, ainsi que par le fait que ces solutions sont encore peu répandues. Les systèmes photovoltaïques résidentiels ne sont pas non plus

différenciés en fonction de leur lieu d'installation. Cela signifie que les BIPV intégrés à la toiture ou à la façade et les BAPV installés sur la toiture ou au sol, juste à côté du bâtiment, sont comptés ensemble. En outre, seuls les systèmes connectés au réseau sont pris en compte. Le calcul s'appuie sur les installations photovoltaïques résidentielles avec une capacité estimée allant jusqu'à 10 kWc.

Les données utilisées pour les calculs sont les quantités d'électricité consommées, par heure, par un ménage, en kWh (« charge ») et les quantités d'électricité produite, par heure, par le système photovoltaïque, en kWh. La « charge » désigne la demande et la consommation effectives d'un ménage dans le pays concerné. Elle est calculée en tant que produit de la consommation annuelle moyenne d'électricité d'un ménage dans un pays et de la charge horaire, dérivée des profils de charge standard. Pour le calcul, des données de consommation par ménage d'unités d'électricité corrigées des variations climatiques (base de données d'indicateurs Odyssee) ont été utilisées pour ajuster la charge moyenne pour l'année considérée. La production est définie comme l'électricité produite par heure et calculée comme le produit de la production horaire spécifique en kWh par kWc et la capacité d'un système photovoltaïque résidentiel. Les valeurs de la production horaire sont aussi utilisées comme le dénominateur servant à calculer la part d'autoconsommation par heure. La production horaire spécifique repose sur les données fournies par la plateforme de transparence Entso-E et par Eurostat pour la production

1

Gamme potentielle de coûts, prix et tarifs, avec les scénarios d'autoconsommation en découlant

| Cas | Modes de valorisation économique | Scénario |
|-----|------------------------------------|--|
| 1 | Prix réseau > Tarif d'achat > LCOE | Autoconsommation |
| 2 | Prix réseau > LCOE > Tarif d'achat | Autoconsommation |
| 3 | Tarif d'achat > LCOE > Prix réseau | Injection dans le réseau (feed-in), pas d'autoconsommation |
| 4 | Tarif d'achat > Prix réseau > LCOE | Injection dans le réseau (feed-in), pas d'autoconsommation |
| 5 | LCOE > Tarif d'achat > Prix réseau | Pas d'investissement |
| 6 | Tarif d'achat > LCOE > Prix réseau | Pas d'investissement |

Autoconsommation (cas 1 et 2) : Le ménage investit dans un système photovoltaïque et autoconsomme la totalité de l'électricité générée. Comme la production du système photovoltaïque est fluctuante et que les batteries sont exclues du cas étudié, il est impossible d'atteindre une autoconsommation et une autosuffisance complètes. Pour les cas 1 et 2, l'objectif consiste donc à maximiser la part d'électricité autoconsommée, car le LCOE est inférieur au PRéseau. Le coût de l'électricité pour le consommateur est donc : LCOE + PRéseau (pour l'électricité d'appoint tirée du réseau).

Injection dans le réseau (cas 3 et 4) : Le ménage investit dans un système photovoltaïque, injecte dans le réseau la quantité totale d'électricité générée par le système et est rémunéré en FiT tout en utilisant l'électricité du réseau pour sa consommation. Dans les cas 3 et 4, l'objectif consiste à maximiser les revenus, c'est-à-dire à maximiser la quantité d'électricité injectée dans le réseau sans avoir recours à l'autoconsommation, car le FiT est supérieur au PRéseau. Les profits (FiT - LCOE) tirés de l'achat par le réseau font baisser la facture d'électricité. Le coût de l'électricité pour le consommateur est donc : PRéseau + part de (LCOE - FiT).

Pas d'investissement (cas 5 et 6) : Dans ces deux cas, il est plus avantageux pour le consommateur de ne pas investir dans l'installation d'un système photovoltaïque et d'utiliser, à la place, l'électricité du réseau, car le LCOE est supérieur au FiT et au PRéseau. Le coût de l'électricité pour le consommateur est donc égal à PRéseau.

des systèmes photovoltaïques installés dans un pays.

Enfin, pour l'étude économique, on considère les ménages comme des acteurs économiques raisonnables qui cherchent à minimiser leur facture d'électricité. Leur décision d'installer et d'utiliser ou non le photovoltaïque pour produire de l'électricité en autoconsommation repose sur trois facteurs principaux :

- les coûts spécifiques de génération d'électricité autoproduite (LCOE);

- les revenus de l'injection d'électricité autoproduite dans le réseau : tarifs d'achat (FiT) ou prix (de gros) de l'électricité avec ou sans prime d'achat; et
- le prix de détail de l'électricité (PRéseau) qu'un ménage doit payer pour utiliser l'électricité du réseau, y compris les éventuels frais, taxes et prélèvements.

En tenant compte de ces facteurs et de leurs niveaux, six combinaisons potentielles (cas) sont

possibles et débouchent sur les possibilités présentées dans le tableau 1.

Pour le calcul, tous les régimes de soutien qui accompagnent le FiT moyen de chaque pays ont été pris en compte pour chaque année. Si le montant de la rémunération change en cours d'année, on calcule la moyenne des prix pour l'utiliser comme FiT. S'il n'existe aucune politique de soutien, on considère que le FiT est égal à zéro. ■

RÉSULTATS DE L'AUTOCONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE DANS LES BÂTIMENTS

RÉSULTATS DE L'APPROCHE EMPIRIQUE

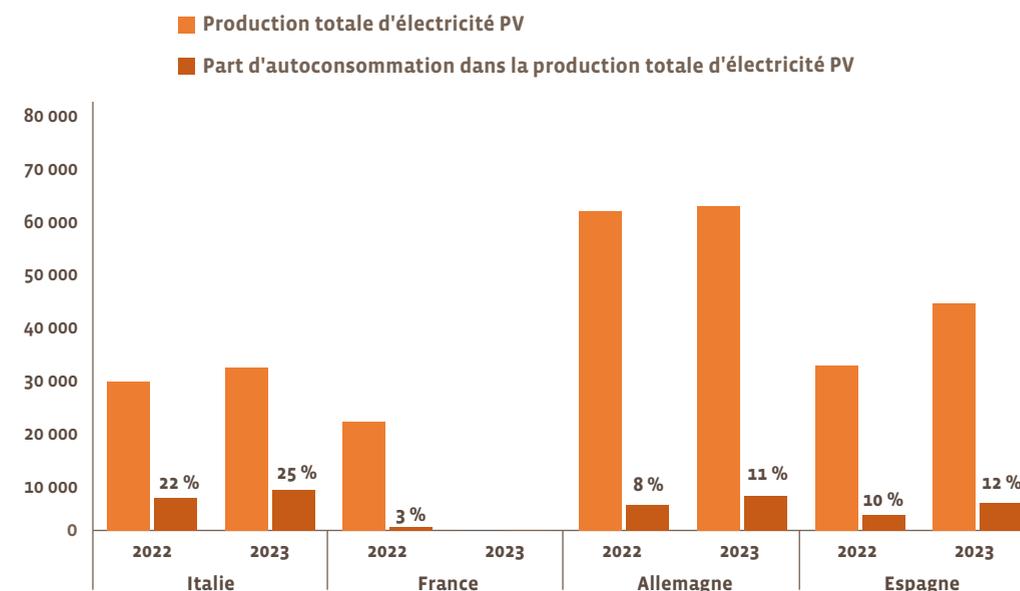
Pour la première étape, le déploiement du photovoltaïque sur les bâtiments ainsi que la part d'autoconsommation d'électricité photovoltaïque sont évalués de manière empirique, à l'aide de données d'études compilées.

Pour une question de présentation, la production et l'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque sont illustrées dans deux figures : la figure 7 et la figure 8. Elles dépeignent l'évolution de la production totale d'électricité photovoltaïque par pays et par an, ainsi que la part autoconsommée dans la

production totale d'électricité photovoltaïque dans les États membres sélectionnés. La première figure illustre la situation dans les États membres les plus grands et les plus peuplés, avec une production totale supérieure à 10 000 GWh par an (Italie, France, Allemagne, Espagne). La seconde figure

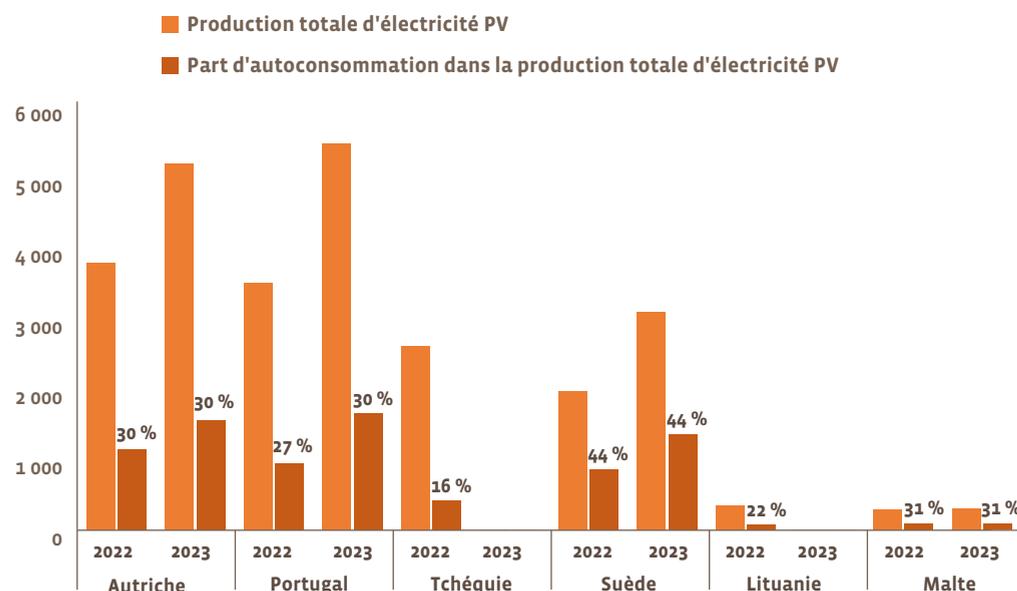
7

Production d'électricité d'origine photovoltaïque en 2022 et 2023 dans les plus grands États membres de l'UE



Remarque : Les données de 2023 ne sont pas incluses pour la France. Sources : ministère de la Transition écologique, Direction générale des infrastructures et de la sécurité (Italie); ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Commissariat général au développement durable, Service des données et études statistiques (France); Groupe de travail sur les statistiques des énergies renouvelables (Agee-Stat) (Allemagne); ministère de la Transition écologique et du Défi démographique et Institut pour la diversification et l'économie énergétique (Idae) (Espagne); et calculs propres

Production d'électricité d'origine photovoltaïque en 2022 et 2023 dans les plus petits États membres de l'UE



Remarque : Les données de 2023 ne sont pas incluses pour la République tchèque et la Lituanie. Sources : Office national autrichien des statistiques (Autriche); Direction générale de l'énergie et la géologie (DGEG) (Portugal); ministère de l'Industrie et du Commerce (Tchéquie); Office suédois de la statistique (Suède); Département des statistiques de Lituanie (Lituanie); Point de contact national (Malte) et calculs propres.

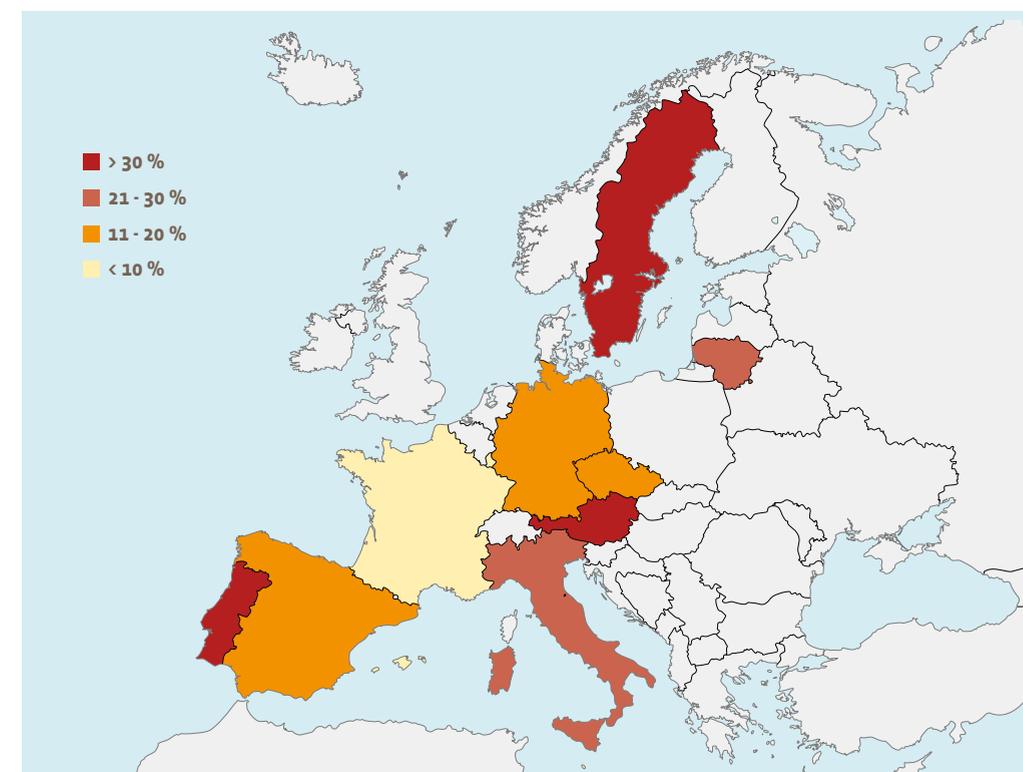
compare quant à elle des pays où la production totale est inférieure à 6 000 GWh par an (Autriche, Portugal, République tchèque, Suède, Lituanie, Malte).

Comme on peut le voir sur les schémas, la part d'autoconsommation varie considérablement entre les États membres, de presque 0 % à environ 45 %. Dans tous les pays ayant transmis des données pour répondre à l'enquête, les parts d'autoconsommation ont augmenté ou sont restées constantes entre 2022 et 2023. Dans le sous-ensemble de pays analysés, les parts d'autoconsommation sont les plus élevées en Suède, où elles sont restées à

un niveau élevé constant (44 %) en 2022 et 2023. Au Portugal, la part d'autoconsommation a augmenté de 19 % en 2021 à 30 % en 2023, en parallèle à une augmentation générale de la production d'électricité solaire photovoltaïque. Malte et l'Autriche sont les deux autres États membres avec une part d'autoconsommation élevée (au moins 30 %), et celle-ci est restée stable alors que la production générale d'électricité photovoltaïque a augmenté. L'Italie et la Lituanie affichent également des parts d'autoconsommation autour de 20 %. Les parts d'autoconsommation ont en particulier augmenté

entre 2022 et 2023, tandis que la Lituanie ne dispose d'aucune donnée pour 2023. La République tchèque a enregistré 16 % d'autoconsommation en 2022, mais aucune donnée pour 2023. L'Allemagne et l'Espagne présentent toutes les deux une augmentation de leur part d'autoconsommation, atteignant légèrement plus de 10 % en 2023. Parmi les États membres étudiés, la France affiche la part d'autoconsommation la plus basse, avec seulement environ 3 % de la production d'électricité photovoltaïque autoconsommée en 2022. Aucune donnée n'a cependant été fournie pour 2023.

Part de l'autoconsommation en 2023



Source : évaluation et calculs propres basés sur des données collectées par EurObserv'ER.

Il convient de noter que certaines réponses indiquaient que les données fournies comprenaient des estimations. Le faible nombre de réponses à l'enquête pourrait aussi s'expliquer par le fait que tous les États membres n'ont pas une approche systématique pour collecter et suivre les indicateurs d'autoconsommation. Même si les parts d'autoconsommation décrites nous donnent une idée de la situation dans différents pays, le manque d'uniformité dans les définitions et les règles de comptage et de calcul rend difficile une comparaison entre plusieurs pays.

On attend une amélioration de la disponibilité, l'accessibilité et la qualité des données sur l'autoconsommation pour les années à venir.

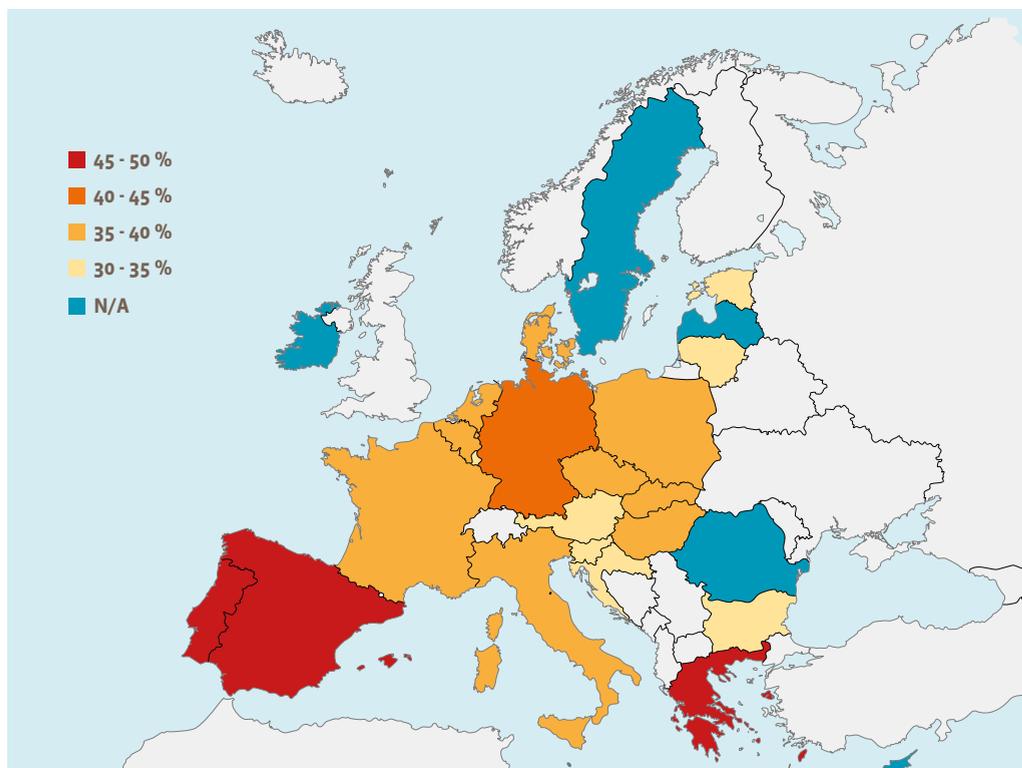
RÉSULTATS DE L'APPROCHE TECHNIQUE

L'étude prend en compte les aspects techniques, à travers les profils de génération et de charge des ménages. Elle évalue la part théorique d'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque, sans tenir compte d'autres facteurs. Elle est définie comme le chevauchement des profils de génération (production d'énergie

photovoltaïque) et de charge (consommation résidentielle d'énergie) d'un ménage type, à partir de profils de charge synthétiques. Elle représente donc l'autoconsommation potentielle théorique maximum. Dans les périodes où la production dépasse la charge, c'est-à-dire l'électricité requise, l'autoconsommation équivaut à la charge, car la demande totale en électricité peut être couverte par la production photovoltaïque. Dans ce cas, l'électricité excédentaire peut être injectée dans le réseau. Si la production est nulle, l'autoconsommation

10

Parts d'autoconsommation maximum techniques



Source: calculs propres basés sur la base de données d'Entso-E Transparency, Eurostat, et la base de données d'indicateurs Odyssee

est également nulle et la totalité de l'électricité doit être puisée sur le réseau. Quand le système photovoltaïque produit moins d'électricité que nécessaire, par exemple en cas de très faible ensoleillement, toute l'électricité générée est utilisée en autoconsommation et le reste de la demande est alimenté par le réseau. Le tableau 11 illustre les résultats de ces parts techniques maximum par pays pour 2022, pour tous les États membres de l'UE.

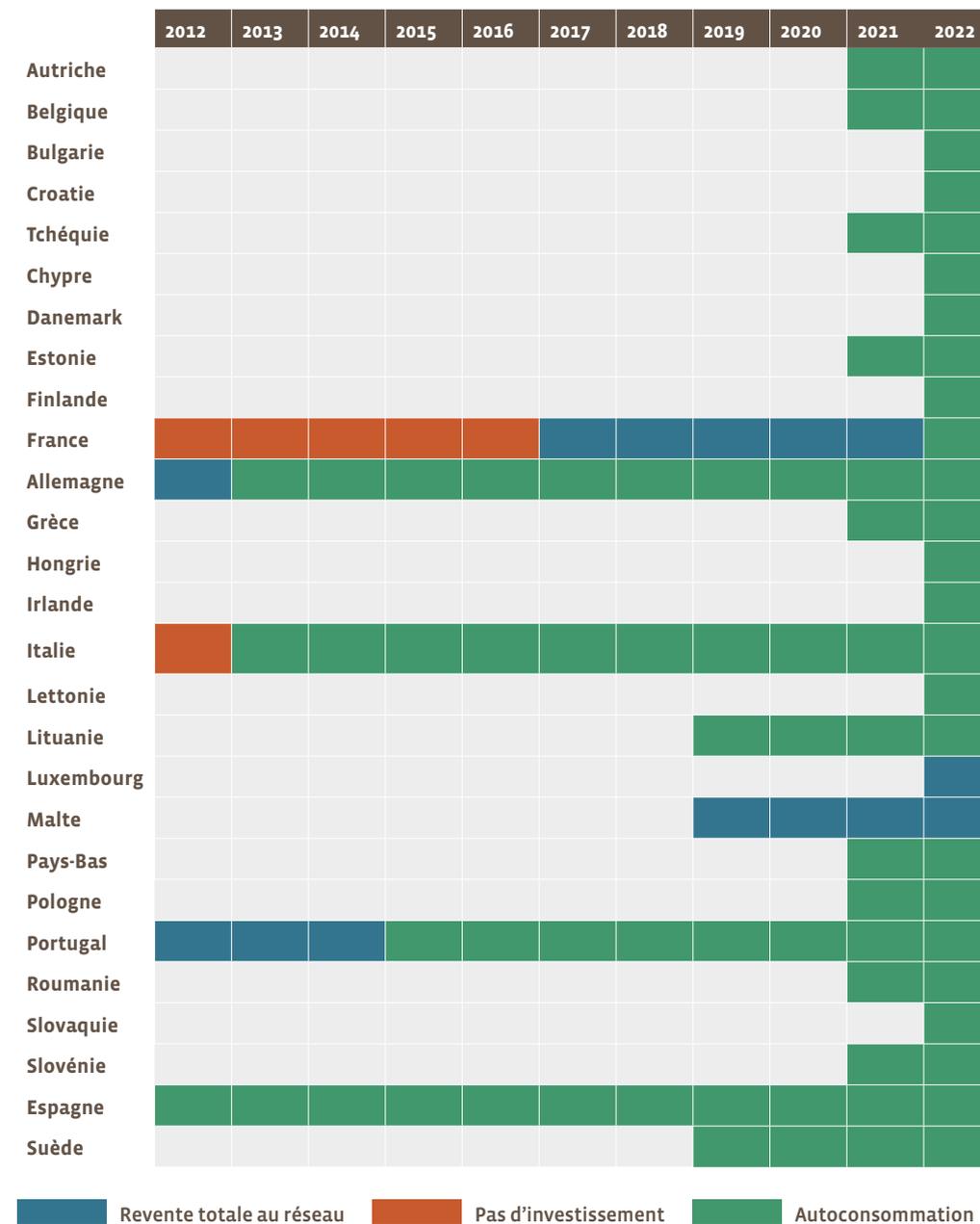
Les parts d'autoconsommation technique les plus élevées (plus de 45 %) sont possibles en Espagne, au Portugal et en Grèce. La plupart des

pays se situent dans la fourchette basse à moyenne des résultats et possèdent des parts d'autoconsommation technique comprises entre 30 % et 45 %. Les parts d'autoconsommation technique les plus basses (autour de 33 %) sont observées en Roumanie et en Croatie. Les parts optimales calculées correspondent dans l'ensemble aux valeurs trouvées dans la littérature, qui suggèrent des parts d'autoconsommation technique optimales autour de 30 % à 40 %. Dans l'UE, la moyenne tourne autour de 38 %. Il est toutefois possible que la part d'autoconsommation technique

soit surestimée ou sous-estimée pour certains pays, en raison de l'utilisation de profils de charge synthétiques qui ne représentent pas toujours fidèlement les schémas d'utilisation de l'énergie à travers l'Europe. Les résultats peuvent être améliorés en prenant des profils de charge spécifiques par pays et en prenant en compte les différences de conditions climatiques et de schémas de consommation. Jusqu'ici, seuls deux profils de charge synthétiques sont utilisés pour tous les pays : un pour les pays du sud de l'Europe et un pour les autres. En outre, du fait

11

Décision économiquement optimale en matière de solution d'autoconsommation, par pays et par an



Source: calculs propres basés sur les données d'Eurostat, Entso-E et d'autres sources

CONCLUSION SUR L'INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LES BÂTIMENTS

En conclusion, l'analyse de l'intégration de l'électricité d'origine renouvelable dans les bâtiments présentée dans ce chapitre met en lumière les aspects économiques et techniques de l'autoconsommation, en les comparant aux parts d'autoconsommation observées de manière empirique. L'approche économique souligne la viabilité de l'autoconsommation dans un ensemble important de pays où elle a été analysée. Pour compléter ce panorama, l'approche technique offre un cadre théorique pour l'autoconsommation qui dépeint le niveau optimal à atteindre d'un point de vue purement technique, sans toutefois tenir compte des solutions de stockage. En comparant les parts d'autoconsommation techniquement optimales avec les résultats empiriques recueillis, nous montrons qu'il existe un potentiel important de développement de l'autoconsommation au sein de l'Union européenne

qu'aucun pays ne semble avoir encore totalement exploité. Il est toutefois intéressant de noter que la part d'autoconsommation en Autriche n'est inférieure à l'objectif technique optimal que de 5%. Les résultats confirment donc un potentiel technique considérable pour l'autoconsommation d'électricité et soulignent l'opportunité que constitue l'exploitation de sources d'énergie renouvelable dans les bâtiments. Ce potentiel est économiquement viable, notamment dans les pays où l'autoconsommation émerge en tant que scénario prédominant. L'analyse empirique révèle toutefois des écarts notables entre le niveau réel d'autoconsommation et le niveau technique optimal, tout particulièrement en France et en Espagne. L'analyse économique suggère que l'autoconsommation constitue une solution attractive dans la plupart des pays. Elle sous-entend également que les freins à

une adoption plus large de l'autoconsommation ne proviendraient pas principalement des politiques directes de soutien qui ciblent la rémunération, mais plutôt d'autres facteurs. Ces freins sont autant de défis liés à l'accès au réseau, aux frais ou taxes supplémentaires, ou aux procédures administratives. Si les procédures et cadres réglementaires relatifs à l'installation, au raccordement et à l'administration des systèmes photovoltaïques sont perçus comme étant fastidieux ou opaques, ils peuvent dissuader les ménages d'investir dans l'autoconsommation. En outre, le niveau d'information sur la rentabilité de l'autoconsommation est généralement bas et les différents groupes de parties prenantes ont besoin d'être mieux informés et accompagnés en la matière. Pour aller de l'avant, il devient indispensable de s'attaquer à ces freins non financiers pour débloquer tout le potentiel de l'autoconsommation. Les mesures politiques devraient donc être étudiées de près, mais ne pas se limiter aux incitations financières. Uniformiser les procédures administratives, réduire les frais supplémentaires et assurer la clarté des réglementations constituent autant d'étapes importantes à envisager. Ainsi, les pays pourront ouvrir la voie vers une intégration plus efficace et répandue des sources d'énergie renouvelable dans les bâtiments et de l'autoconsommation sur place. ■



de l'absence de données correspondantes, cette approche n'envisage pas la possibilité d'une modification de la consommation à travers une solution de stockage ou une maîtrise de la demande d'énergie. On peut toutefois estimer que la présence de systèmes de batteries peut considérablement améliorer la réponse à la demande.

Comme la part d'autoconsommation technique repose sur différentes hypothèses et approches, les calculs donnent des résultats différents des constatations empiriques présentées précédemment. Dans l'ensemble, l'écart considérable entre les parts maximales d'autoconsommation empirique et technique suggère que l'autoconsommation est loin d'être pleinement exploitée d'un point de vue technique, ce qui indique un potentiel de croissance et d'optimisation.

RÉSULTATS DE L'APPROCHE ÉCONOMIQUE

Comme indiqué précédemment, l'autoconsommation peut encore se développer d'un point de vue technique. L'écart entre la part d'autoconsommation techniquement réalisable et celle constatée de manière empirique peut s'expliquer d'un point de vue économique. Voilà pourquoi cet aspect est également pris en compte dans l'analyse. L'hypothèse est que les acteurs économiques, comme les ménages ou les consommateurs finaux d'énergie, s'efforcent de minimiser leurs dépenses énergétiques. En matière de décisions d'investissement dans l'électricité dans un contexte d'autoconsommation, ils choisissent donc entre les solutions suivantes :

- investir et autoconsommer;
- investir et injecter l'électricité sur le réseau au lieu de l'autoconsommer;
- ne pas investir et utiliser l'électricité du réseau.

L'étude économique montre, pour chaque pays, le « scénario d'autoconsommation » le plus rentable qui pointe vers la décision d'investissement la plus probable.

Le tableau 11 donne les résultats pour l'ensemble des États membres de l'UE.

La tendance attendue avec la baisse des FIT et des prix des systèmes photovoltaïques couplée à une augmentation des prix de détail de l'électricité, est que l'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque devrait devenir de plus en plus attractive par rapport à la vente sur le réseau. C'est exactement ce que montrent les résultats. Dans l'ensemble, le scénario de l'autoconsommation semble prendre le dessus et constituait aussi la décision la plus rentable dans tous les États membres de l'UE en 2022, à l'exception du Luxembourg et de Malte. Cela suggère que, dans de nombreux pays, des incitations efficaces sont mises en place pour stimuler l'autoconsommation et qu'investir dans des systèmes photovoltaïques est généralement rentable. Parmi les États membres, des FIT sont toujours en place dans neuf pays, et seulement trois (le Luxembourg, Malte et la France) offrent une rémunération supérieure à 0,10 € par kWh. D'autre part, la faisabilité économique de l'autoconsommation d'électricité photovoltaïque a aussi indirectement bénéficié du prix élevé de l'électricité en 2022. Au Luxembourg et à Malte,

l'analyse a montré qu'il était plus avantageux de consommer l'électricité du réseau ou de la revendre, ce qui peut s'expliquer par des FIT relativement élevés qui ont rendu l'injection sur le réseau plus attractive. Il est intéressant de noter qu'en France, l'autoconsommation d'électricité photovoltaïque était moins économique en 2021 et est devenue une solution attractive en raison des tarifs élevés de l'électricité et de l'abaissement des FIT en 2022.

Ce que l'analyse ne peut pas dépeindre correctement, c'est que la décision de passer ou non à l'autoconsommation varie d'un consommateur à l'autre et que des « stratégies mixtes » sont aussi possibles. Cela signifie qu'avec des structures de prix variant dans le temps, des modèles de consommation « hybrides » (comme l'autoconsommation associée à la vente d'électricité injectée dans le réseau) constituent une autre solution financièrement avantageuse. Les résultats doivent donc être considérés à l'aune des conditions et circonstances particulières de chaque cas.

Ils dépendent évidemment aussi de facteurs non économiques, comme des préférences personnelles (par exemple, vivre en autosuffisance, disposer d'un prix de l'électricité stable ou bénéficier de mécanismes de soutien supplémentaires). Les résultats ci-dessus peuvent toutefois donner une indication sur les décisions les plus probables prises par les ménages d'un pays particulier, pour une période donnée, et permettent d'estimer si, d'un point de vue général, l'autoconsommation est avantageuse ou non. ■

FOCUS : LES COMMUNAUTÉS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

À côté des projets traditionnels réalisés par des développeurs privés, les projets de production d'énergie renouvelable initiés par des collectivités ou des groupes de citoyens se multiplient au sein de l'Union européenne. Cette nouvelle approche, communément appelée « énergie citoyenne », est à la fois un moyen de financer différemment les nouveaux sites de production et de proposer de nouvelles formes de gouvernance dans lesquelles les acteurs locaux sont davantage impliqués.

LES CITOYENS PRENNENT LE POUVOIR

L'expression « communautés d'énergie renouvelable » désigne des opérations d'énergie renouvelable dans lesquelles les citoyens participent non seulement au financement des projets en étant détenteurs d'une partie du capital mais en étant également impliqués dans leur gouvernance. L'Union européenne s'est saisie de cette approche citoyenne à travers le paquet Énergie propre, considérant officiellement pour la première fois les citoyennes et les citoyens européens comme des acteurs importants de la transition énergétique. En effet, les directives 2018/2001 de décembre 2018 et 2019/944 de juin 2019 ont introduit respectivement les concepts de « Renewable Energy Community (REC) » et de « Citizen Energy Community (CEC) ». Bien que définis par des critères légèrement différents, ces deux concepts ont pour vocation de créer un cadre réglementaire propice aux projets portés par des citoyens. Les communautés d'énergie renouvelable et les communautés d'énergies citoyennes, qui sont relativement semblables par leur mode de gouvernance et

Les communautés d'énergie renouvelable (REC) sont définies à l'alinéa 2 de l'article 22 de la directive 2018/2001. Les États membres doivent notamment veiller aux points suivants :

- les REC peuvent produire, consommer, stocker et vendre de l'énergie renouvelable, y compris par le biais de contrats d'achat d'énergie renouvelable;
- il est possible de partager, au sein d'une communauté d'énergie renouvelable, l'énergie renouvelable qui est produite;
- les REC doivent pouvoir accéder à tous les marchés énergétiques appropriés, à la fois directement ou par agrégation, de manière non discriminatoire.

Les États membres de l'Union européenne ont l'obligation de transposer les textes de la directive dans leur propre législation afin de fournir un cadre qui promeut et facilite le développement de ces communautés d'énergie renouvelable.

leurs finalités, se différencient en premier lieu par le type d'opérations sur lesquelles elles portent. Les communautés d'énergie renouvelable interviennent sur le secteur de l'énergie au sens large, mais leurs projets doivent être obligatoirement basés sur des énergies renouvelables. Ainsi, elles peuvent non seulement fournir de l'électricité, mais aussi de la chaleur d'origine renouvelable voire des biocarburants. A contrario, les communautés d'énergies citoyennes agissent exclusivement en lien avec le secteur de

l'électricité. Une autre différence notable porte sur la localisation géographique des actions. Les membres d'une communauté d'énergies renouvelables exerçant un contrôle effectif sur celle-ci, ils doivent être géographiquement proches de leur projet, tandis que ce critère de proximité ne s'applique pas pour les communautés d'énergies citoyennes. Si la Commission européenne s'est saisie depuis quelques années du sujet des projets citoyens, ce type d'initiatives a pris son essor depuis bien plus longtemps. Plusieurs pays ont observé depuis le début des années 2000 l'émergence de collectifs citoyens portant des réalisations sur leur territoire, même si ces projets peuvent prendre des formes ou des modalités différentes d'un État à l'autre. L'énergie citoyenne n'est en effet pas seulement un levier clé pour le succès et l'accélération de la transition énergétique et le déploiement indispensable des énergies renouvelables, elle est aussi un vecteur de démocratisation de l'énergie et de son appropriation par les populations. Elle rend la production d'énergie plus identifiable et aide à dépasser les oppositions de principe en montrant tous les bénéfices que peuvent avoir ces projets pour les territoires et leurs habitants. Les spécificités culturelles mais surtout juridiques des différents États membres impactent évidemment la dynamique de l'énergie citoyenne sur leur territoire. C'est pourquoi ce chapitre ne s'intéressera pas à un seul concept précis mais va davantage s'attacher à rendre compte des différentes approches nationales en matière de développement des communautés d'énergie renouvelable, que ce soit du point de vue de l'avancée des différents États dans leur entreprise de

transposition des directives européennes dans leur propre législation, ou de la manière dont ils mobilisent les différents fonds européens pour concourir au financement de ces communautés.

RESCOOP.EU EN OBSERVATEUR AVISÉ

La fédération REScoop.eu regroupe de nombreux acteurs européens officiant dans la promotion de l'énergie citoyenne. Dans le cadre de ses activités, REScoop.eu a développé un outil de suivi et d'évaluation du processus de transposition des textes relatifs aux projets d'énergie citoyenne issus des différentes directives dans les États membres. L'existence d'une définition pour les communautés d'énergies dans le droit national, ainsi que leur degré d'élaboration ont été ainsi analysés. En outre, cet outil permet d'apprécier s'il existe un cadre national favorable aux communautés d'énergies. L'observation de l'outil de suivi de REScoop.eu montre qu'au sein des États membres, l'introduction dans les textes réglementaires de cadres en faveur des communautés d'énergies est plus ou moins avancée. Certains pays comme l'Irlande ou l'Italie ont d'ores et déjà établi une définition claire et fonctionnelle des communautés d'énergies dans leur corpus législatif et mis en place des actions de soutien (objectifs de développement, organisme d'observation des communautés d'énergie, etc.) pour accompagner la dynamique. D'autres États n'ont mis en place qu'une réglementation a minima, voire trop lacunaire pour réellement développer ce type de projets. Par ailleurs, un volet dédié au financement des communautés d'énergies a été intégré dans l'outil de REScoop. Cet outil indique ↘

État des lieux du paysage législatif et du soutien financier accordé aux communautés d'énergies

| | Transposition | | Financement | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---|---|--|------------------------|-----------|
| | Définition des communautés d'énergies | Existence d'un cadre national favorable | Facilité pour la reprise et la résilience | Fonds de cohésion et de développement régional | Fonds de modernisation | REPowerEU |
| Autriche | | | | | | |
| Belgique (Bruxelles) | | | | | | |
| Belgique (Flandre) | | | | | | |
| Belgique (Wallonie) | | | | | | |
| Bulgarie | | | | | | |
| Croatie | | | | | | |
| Chypre | | | | | | |
| Tchéquie | | | | | | |
| Danemark | | | | | | |
| Estonie | | | | | | |
| Finlande | | | | | | |
| France | | | | | | |
| Allemagne | | | | | | |
| Grèce | | | | | | |
| Hongrie | | | | | | |
| Irlande | | | | | | |
| Italie | | | | | | |
| Lettonie | | | | | | |
| Lituanie | | | | | | |
| Luxembourg | | | | | | |
| Malte | | | | | | |
| Pays-Bas | | | | | | |
| Pologne | | | | | | |
| Portugal | | | | | | |
| Roumanie | | | | | | |
| Slovaquie | | | | | | |
| Slovénie | | | | | | |
| Espagne | | | | | | |
| Suède | | | | | | |

| Transposition | Définition des communautés d'énergies | Réglementation optimale | Réglementation satisfaisante | Réglementation a minima | Réglementation trop incomplète | Absence de réglementation | |
|---------------|--|-------------------------|--|--|--|--|-------------------|
| | Existence d'un cadre national favorable | | | | | | |
| Financement | Facilité pour la reprise et la résilience | | Mentions spécifiques aux communautés d'énergies (spectre large d'acteurs et d'activités) | Mentions spécifiques aux communautés d'énergie (limitées en termes d'activités ou d'acteurs) | Mentions limitées aux communautés d'énergies (limitées en termes d'activités ou d'acteurs) | Pas de mention aux communautés d'énergies (ou à des concepts liés) | Pas d'information |
| | Fonds de cohésion et de développement régional | | | | | | |
| | Fonds de modernisation | | | | | | |
| | REPowerEU* | | Fort soutien aux communautés d'énergies | Quelques réformes positives en lien avec l'énergie | Aucun soutien aux communautés d'énergies | | |

*Note: L'évaluation de REScoop concernant REPowerEU se base sur trois critères (transparence et inclusivité lors de l'élaboration du chapitre REPowerEU par les gouvernements, soutien potentiel aux énergies fossiles et réformes et investissements en faveur de l'autoconsommation collective et des communautés d'énergies). Source: REScoop, 2024

notamment quels sont les fonds européens sollicités et renseigne sur les critères d'éligibilité propres à chaque pays pour les obtenir dans le cadre de soutiens à des actions de communautés d'énergies. Les financements proviennent de différents programmes (fonds de facilité pour la reprise et la résilience, fonds de cohésion et de développement régional, fonds de modernisation et REPowerEU) et sont gérés dans chaque État membre suivant des modalités différentes. Certains pays comme l'Espagne ont introduit dans la gestion de ces fonds des mentions explicites aux communautés d'énergies et orientent ces financements vers des projets dont la forme ou la démarche sont proches des concepts décrits dans la directive de 2018. D'autres pays utilisent des critères moins spécifiques ou des limites dans les champs d'attribution de ces aides qui en réduisent la portée en faveur des communautés d'énergies. Ces dernières années, l'Union européenne a essayé d'infléchir le développement des communautés d'énergie renouvelable. Lors de la présentation de la feuille de route EU Solar Strategy en mai 2022, la Commission européenne a ainsi affirmé son souhait de voir s'installer, d'ici à 2025, au moins une communauté énergétique basée sur énergies renouvelables

dans chaque commune de plus de 10 000 habitants. Pour s'en donner les moyens, la Commission européenne multiplie les initiatives. L'Energy Communities Repository et le Rural Energy Community Advisory Hub, tous deux lancés en 2022 et clôturés début 2024, visaient à soutenir les communautés énergétiques en Europe en partageant les bonnes pratiques et en leur fournissant une assistance technique. Le premier a notamment proposé des formations et des analyses politiques, tandis que le second s'est concentré sur le développement des projets en milieu rural, offrant mise en réseau et accompagnement aux acteurs locaux, entreprises et agriculteurs. Plus récemment, en septembre 2024, la Commission a lancé la European Energy Communities Facility, qui s'appuie sur les expériences des initiatives précédentes. Ce programme prévoit de distribuer 7 millions d'euros sous forme de subventions forfaitaires à au moins 140 communautés énergétiques, de proposer des formations ciblées et d'aider ces communautés à structurer leur modèle d'affaires. Il se poursuivra jusqu'en février 2028, avec des appels à candidatures prévus pour juin 2025 et pour septembre 2026.

LES PREMIERS PAS DE L'ÉNERGIE COMMUNAUTAIRE EN TCHÉQUIE

Le 1^{er} décembre 2023, la chambre des députés tchèque a adopté l'amendement à la loi sur l'énergie connu sous le nom de loi sur les communautés d'énergie. Entrée en vigueur en janvier 2024, cette réforme marque une première étape clé dans la transposition de la directive européenne sur les énergies renouvelables dans le droit national. Le texte définit deux types de structures : les communautés d'énergie renouvelable et les communautés énergétiques citoyennes. L'autre avancée majeure réside dans l'introduction d'un système provisoire de partage d'électricité, opérationnel depuis le 1^{er} juillet 2024. Ce dispositif repose sur une méthode statique de distribution gérée par le Centre de données sur l'électricité. Ce mécanisme permet aux membres d'une communauté énergétique de produire, échanger et consommer de l'énergie localement. Cependant, ce partage se fait sur la base d'un modèle statique, qui ne permet pas une répartition flexible de l'électricité, qui aurait laissé aux membres de la communauté la possibilité de profiter de l'énergie non utilisée par d'autres. À la place, l'énergie non consommée par un membre doit être réinjectée dans le réseau. Pour remédier à cette contrainte, une transition vers des modèles de partage dynamiques et hybrides pourrait voir le jour d'ici juillet 2026, parallèlement à la mise en service complète du Centre de données sur l'électricité (EDC). Par ailleurs, d'autres restrictions subsistent jusqu'en 2026 : les groupes de partage ne peuvent dépasser 1 000 membres et doivent se situer dans 3 municipalités voisines avec compétence élargie ou au sein de Prague. Pour autant, l'enthousiasme autour du partage d'énergie est bien présent. Depuis l'ouverture du partage d'électricité en juillet 2024, plus de 12 000 personnes se sont inscrites à cette nouvelle option, selon le Centre de données sur l'électricité. En seulement 100 jours, les participants ont partagé un total de 750 MWh d'électricité, soit l'équivalent de la consommation d'environ 2 300 foyers tchèques. En ce qui concerne le soutien financier de la Tchéquie, 2,8 % des ressources du Fonds de modernisation sont alloués au programme Komuenerg, dédié au développement des communautés énergétiques locales. Celles-ci peuvent également solliciter des financements via d'autres programmes du Fonds de modernisation, notamment Heat et RES+, élargissant ainsi leurs possibilités de financement. En parallèle, le Plan national de relance et de résilience tchèque

débloque une enveloppe de 4 millions d'euros dans le but de créer 40 communautés énergétiques à travers le pays. Cette expérimentation pourrait servir de modèle pour le déploiement futur de projets similaires. Cependant, l'absence d'un cadre réglementaire complet freine l'utilisation optimale de ces fonds. Malgré l'introduction de la loi sur les communautés d'énergie en 2024, les règles spécifiques encadrant leur fonctionnement restent en cours d'élaboration, maintenant de nombreux projets potentiels dans l'incertitude. Malgré tout, dans le sillage de l'adoption de la loi sur les communautés d'énergie, des projets commencent à émerger. La première coopérative du pays a été créée en décembre 2023 avec 47 membres Fondateurs. Elle a réussi, en seulement deux mois, à attirer 200 nouveaux adhérents et à lever environ 125 000 euros. Le projet de cette communauté énergétique consiste en la mise en place de panneaux photovoltaïques sur le toit d'une ferme biologique située à Velké Hostěrádky, dans le sud de Brno. Cette installation de 50 kW permettra, à partir de 2025, de satisfaire 30 % des besoins de la ferme, tandis que le surplus sera partagé avec les membres de la coopérative ou injecté dans le réseau.

VERS UN CADRE JURIDIQUE PLUS PRÉCIS EN GRÈCE

En 2018, la Grèce a établi son premier cadre réglementaire pour les communautés énergétiques avec la loi 4513/2018 intitulée Communautés énergétiques et autres dispositions. Cette loi a introduit une structure permettant l'implication des citoyens et des communautés dans les projets énergétiques. Bien qu'elle ne soit pas entièrement alignée sur le paquet énergie propre de l'Union européenne, elle introduit en 2018 le concept de « communautés énergétiques » en tant que coopératives civiles, intégrant des principes tels que la gouvernance démocratique et les bénéfices locaux. Tout en soutenant la lutte contre la précarité énergétique et l'implication des municipalités, cette législation, en raison de ses définitions larges, a cependant permis à des investisseurs privés de dominer le secteur, en tirant parti d'incitations initialement destinées aux initiatives menées par les citoyens. L'adoption de la loi 5037/2023 en mars 2023 a marqué un tournant majeur dans l'approche de la Grèce vis-à-vis des communautés énergétiques en instaurant la catégorie des communautés d'énergie renouvelable, conformément à la directive 2019/944 de l'UE. Cette nouvelle loi a remplacé le cadre précédent établi par la loi 4513/2018, qui interdisait la

création de nouvelles communautés énergétiques sous l'ancien régime à partir du 1^{er} avril 2023 et empêchait les communautés existantes de soumettre de nouvelles demandes de certificats de producteur ou d'offres de raccordement pour des stations exclues à compter du 1^{er} novembre 2023. La législation révisée encourage la participation des communautés locales aux projets d'énergie renouvelable en proposant des incitations telles que des tarifs préférentiels et des procédures de licence simplifiées, tout en encourageant la collaboration avec les investisseurs privés et les autorités locales. En septembre 2024, les données du Registre général du commerce de Grèce (Gemi) mettent en évidence la croissance des communautés énergétiques dans le pays, avec 1 742 communautés actives. Parmi elles, 1 685 ont été créées sous l'ancien cadre de la loi 4513/2018, tandis que 40 CER ont vu le jour dans le nouveau cadre de la loi 5037/2023. À Athènes, la première communauté démocratique d'énergies renouvelables, Hyperion, fait figure de modèle, et s'est inspirée des coopératives énergétiques innovantes d'Allemagne. Comptant environ 120 membres, Hyperion couvre ses besoins en électricité grâce à un parc solaire collectif de 500 kW situé en Corinthie. La majorité de ses membres réside à Athènes. En plus de fournir une énergie renouvelable à ses adhérents, la communauté consacre environ 5 % de sa production annuelle à des causes locales telles que la cuisine solidaire Mano Aperta, l'espace interculturel Anassa et des ménages en situation de précarité énergétique. Ces contributions sont réalisées en partenariat avec les municipalités de Halandri et de Keratsini. Inspirée du modèle des coopératives allemandes Genossenschaften et d'autres coopératives internationales, l'organisation fonctionne selon le principe « un membre, une voix », quel que soit le nombre de parts détenues. Chaque part est fixée à 100 euros. Hyperion a obtenu 40 000 euros pour son projet initial grâce à la plateforme d'investissement participatif de Greenpeace, Genervest. Ces fonds ont été levés en moins de trois mois sous forme de microcrédits à un taux d'intérêt de 6 %, attirant un large éventail d'investisseurs, tant individuels qu'institutionnels. Une contribution significative est venue de Coopérnico, la plus grande coopérative énergétique du Portugal, qui a financé un huitième du montant total. En plus du capital initial, qui oscillait entre 2 000 et 3 000 euros par participant pour acquérir une part du parc solaire collectif, les membres doivent s'acquitter d'une cotisation annuelle d'environ 60 euros pour couvrir les

frais de maintenance de l'installation, et ce pendant les 25 prochaines années – correspondant à la durée de vie estimée des panneaux solaires –, faisant de cet engagement un investissement rentable à long terme.

L'ALLEMAGNE, LE LABORATOIRE DE L'EUROPE

Le cadre juridique allemand pour les communautés d'énergie renouvelable est principalement guidé par deux directives clés de l'Union européenne : celle sur le marché de l'électricité (directive UE 2019/944), qui vise à renforcer le pouvoir des consommateurs et encourage la création de communautés énergétiques, et celle sur les énergies renouvelables (RED II, directive UE 2018/2001), qui promeut la production et la consommation collectives d'énergie renouvelable en favorisant l'implication citoyenne dans les projets énergétiques. Bien que l'Allemagne ait progressé dans l'intégration de ces directives dans sa législation nationale, des lacunes persistent dans leur mise en œuvre. Un domaine clé reste celui du partage de l'énergie, une composante essentielle de la RED II, qui permet aux membres d'une communauté de produire, consommer et échanger collectivement de l'énergie renouvelable. Les récentes modifications apportées en avril 2024, telles que l'introduction du modèle de fourniture partagée pour les bâtiments (Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung) dans l'article 42b de la loi modifiée sur l'industrie énergétique (EnWG), visent à combler cette lacune. Ce modèle transpose le concept européen de « consommateurs d'énergie renouvelable agissant conjointement », permettant aux locataires et aux propriétaires dans les immeubles collectifs d'utiliser l'électricité générée par des systèmes solaires installés sur place. Contrairement au modèle existant de l'électricité pour locataires, cette approche se concentre sur un approvisionnement partiel en électricité et exonère les opérateurs de nombreuses obligations réglementaires normalement imposées aux fournisseurs d'énergie. Bien qu'il n'y ait pas de soutien financier dédié, ce cadre simplifié devrait concerner jusqu'à 80 000 bâtiments, soulignant les efforts de l'Allemagne pour promouvoir des solutions énergétiques décentralisées et une consommation collective d'énergie renouvelable. Les cadres juridiques régissant les communautés d'énergie renouvelable en Allemagne varient selon la taille du projet et le secteur. Les structures les plus courantes sont les suivantes :

- les coopératives (Genossenschaften) ont une longue histoire dans l'approvisionnement en électricité en milieu rural, bénéficiant ainsi d'une législation bien développée et d'une forte tradition d'acceptation sociale;
- les sociétés à responsabilité limitée (GmbH/UG & Co. KG) conviennent aux projets plus grands et plus capitalistiques, et offrent une sécurité financière en limitant la responsabilité des membres;
- les sociétés civiles (Gesellschaft bürgerlichen Rechts) sont des partenariats plus petits et informels, permettant des arrangements flexibles, mais comportant des risques plus élevés par rapport aux coopératives ou GmbH.

L'Allemagne possède l'un des paysages les plus développés d'Europe, avec environ 914 communautés énergétiques et plus de 220 000 membres en 2021. Les modèles de CER du pays ont évolué à partir d'une longue tradition de coopératives, les premières coopératives d'énergie renouvelable ayant émergé en 2006, axées sur les projets photovoltaïques. Cependant, des obstacles financiers demeurent, notamment pour les parcs éoliens, qui nécessitent de gros investissements en capital, limitant ainsi la participation aux zones les plus riches. La révision de la loi sur les sources d'énergie renouvelable (EEG) de 2023 vise à atténuer ce problème en offrant un soutien financier par le biais de tarifs d'achat, rendant les investissements dans les CER plus prévisibles et rentables. De plus, les amendements de 2024 à la EnWG et à l'EEG introduisent le « partage d'énergie » et les communautés énergétiques comme nouveaux modèles pour améliorer la viabilité économique. En permettant aux participants de gérer collectivement les obligations liées à l'énergie et de déléguer certaines tâches à des prestataires de services existants, ces changements visent à réduire la charge administrative et à encourager une participation plus large. Toutefois, les grandes entreprises sont exclues de ces dispositions, et les exigences de mise en équilibre des entrées et sorties d'énergie demeurent un défi, ce qui pourrait limiter la croissance immédiate. Ces réformes, conjointement avec l'amendement de l'EEG de 2023, renforcent la prévisibilité et la rentabilité, soutenant ainsi les investissements dans les projets d'énergie renouvelable. La Bürger Energie Genossenschaft Freisinger Land eG (BEG-FS) est une coopérative ayant pour objectif de promouvoir la transition énergétique décentralisée dans la région de Freisinger Land et autour de Munich.

La coopérative vise à fournir de l'énergie renouvelable pour la région, couvrant l'électricité, la chaleur et la mobilité. De plus, la BEG-FS contribue de manière significative à l'approvisionnement en énergie renouvelable de Munich, aidant ainsi la ville à passer à une énergie plus propre. En juin 2024, la BEG-FS comptait 1 755 membres, comprenant une grande diversité de parties prenantes telles que le district de Freising, 21 municipalités, 6 associations, plus de 6 entreprises, ainsi que des paroisses catholiques et protestantes. Cette large base de membres reflète l'engagement de la coopérative envers l'implication de la communauté et l'action collective dans la transition énergétique. En permettant aux citoyens, aux entreprises et aux institutions locales d'investir dans des projets d'énergie renouvelable, la BEG-FS garantit que les bénéfices de l'énergie propre sont partagés localement. L'adhésion à la BEG-FS se fait par l'achat d'une part sociale coûtant 250 euros. Chaque membre doit détenir au moins une part pour participer aux projets de la coopérative, mais il n'y a pas de limite au nombre de parts qu'un individu peut acheter. Cette structure favorise une large participation, les membres détenant collectivement 8 509 parts en juin 2024. Les membres reçoivent des distributions de bénéfices en fonction de leurs investissements, avec un rendement de 3,5 % en 2023 (contre 2,5 % en 2022 et 2,0 % en 2021). L'adhésion exige un engagement minimum de 3 ans, et chaque membre a une voix égale dans la prise de décision, indépendamment du nombre de parts détenues. En plus de la détention de parts, les membres peuvent participer aux projets d'énergie renouvelable par le biais de prêts subordonnés, avec des investissements à partir de 1 000 euros. Ces prêts offrent un taux d'intérêt annuel fixe et sont disponibles pour des durées de 5, 10 ou 20 ans, constituant ainsi une option attrayante pour les individus souhaitant investir dans des projets durables à long terme.

UN SOUTIEN RENFORCÉ EN IRLANDE

Bien avant l'adoption du Clean Energy Package au niveau européen, l'Irlande avait déjà posé les bases d'un modèle autour de l'énergie citoyenne. Il s'agit des communautés énergétiques durables. Initié par la Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI), ce cadre visait à encourager le développement de projets locaux axés sur les énergies renouvelables. Dans cette continuité, le Renewable Electricity Support Scheme (RESS) a introduit une définition spécifique aux com-

munautés d'énergie renouvelable. Pour être reconnue comme telle, une structure doit compter au moins un membre enregistré en tant que communauté énergétique durable auprès de la SEAI. Cette définition des communautés d'énergie renouvelable reprend ainsi les principaux critères de la directive européenne RED II. Le processus d'enchères du Renewable Electricity Support Scheme (RESS) en Irlande a ainsi marqué une étape importante dans le soutien aux communautés d'énergie renouvelable. Au cœur du dispositif, une catégorie préférentielle a été créée spécifiquement pour les projets menés par les communautés, ciblant des installations entre 5 MW et 4 MW. Cette approche visait à offrir un avantage concurrentiel aux communautés d'énergie renouvelable, leur permettant d'être en compétition uniquement entre elles, à l'abri de la concurrence des projets portés par de grands développeurs. Malgré la mise en place de cette catégorie spécifique, le caractère compétitif des enchères du RESS a posé des défis à certains projets communautaires. En réponse, le gouvernement a développé le Small-Scale Renewable Electricity Support Scheme (Sress), un dispositif non concurrentiel mieux adapté aux initiatives à petite échelle. La première phase du Sress a été lancée en juillet 2023. La deuxième phase du programme, annoncée en mai 2024 et lancée en janvier 2025, a élargi sa portée pour inclure des projets allant de 50 kW à 6 MW de capacité. Par ailleurs, le Sress offre un soutien tarifaire réglementé sur 15 ans via un mécanisme de contrat pour différence (CFD), assurant des revenus stables pour les projets. Le programme offre des tarifs plus élevés pour les communautés d'énergie renouvelable que pour les autres lauréats, reconnaissant les obstacles supplémentaires auxquels ces projets sont confrontés en matière de planification, de connexion au réseau et de financement. Pour les projets solaires, les communautés d'énergie renouvelable peuvent recevoir jusqu'à 150 €/MWh pour les installations inférieures à 1 MW et 140 €/MWh pour celles entre 1 MW et 6 MW. À ce jour, l'Irlande compte plus de 900 communautés énergétiques durables, d'après la SEAI. Cependant, le nombre exact de communautés d'énergie renouvelable n'est pas précisé dans ce décompte mais serait vraisemblablement inférieur, car le champ d'action de ces dernières est davantage restreint. Le parc éolien de Templederry, situé dans le comté de Tipperary, est le premier parc éolien en Irlande détenu par des citoyens locaux, incluant agriculteurs, étudiants, retraités et

personnes au foyer. Mis en service en novembre 2012, il se compose de deux éoliennes de 2,3 MW, pour une capacité totale de 4,6 MW, générant environ 15 GWh d'électricité par an, pour alimenter 3 500 foyers chaque année. Le succès du parc de Templederry a ouvert la voie à d'autres initiatives, notamment en donnant naissance à Community Power, le premier fournisseur d'électricité communautaire d'Irlande. Son modèle repose sur l'achat d'électricité issue de petites installations renouvelables appartenant à des communautés énergétiques, puis sur sa redistribution aux consommateurs à travers le pays.

QUELLES PERSPECTIVES POUR LES COMMUNAUTÉS D'ÉNERGIE RENOUELABLE ?

Bien qu'une partie croissante des États membres de l'Union européenne aient commencé à transposer les dispositions européennes relatives aux communautés d'énergie renouvelable, la définition d'un cadre légal national propice à leur développement se fait selon un processus itératif. Il s'écoule plusieurs mois, voire plusieurs années, entre les différents textes législatifs, ce qui peut entraver le déploiement de ces projets générateurs d'une énergie à l'échelle locale et au bénéfice des communautés. Il s'agit d'une approche bottom-up qui s'est jusqu'ici essentiellement développée grâce à la motivation de groupes de citoyens particulièrement investis et qui ont agi, la plupart du temps, sans incitation financière ou aménagement facilitateur particulier. Cependant, de nombreux outils ont été développés par des fédérations d'associations ou de coopératives avec pour objectif de soutenir les initiatives citoyennes. Pour aller plus loin, les politiques doivent désormais s'inspirer de ces actions afin de mettre en place à des échelles plus grandes, et sur la base de moyens plus importants, les cadres légaux qui demain porteront le développement de l'énergie citoyenne en Europe. ■

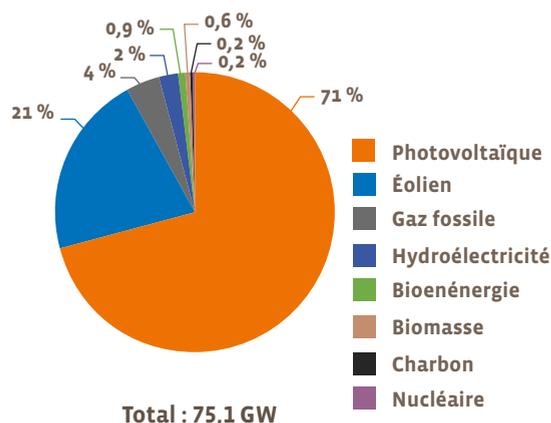
FOCUS SUR LES PARTS DE MARCHÉ DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DANS LES PUISSANCES ÉLECTRIQUES INSTALLÉES EN 2023

En 2023, 92 % des capacités électriques nouvellement raccordées au sein de l'Union européenne étaient relatives à des technologies renouvelables. Le photovoltaïque reste de loin la première technologie, devant l'éolien.

Le graphique 1 montre qu'en 2023, 92 % des capacités électriques nouvellement raccordées au sein des pays de l'Union européenne provenaient de technologies renouvelables (contre 94 % en 2022), soit 69 345 MW sur un total de 75 105 MW. Le photovoltaïque reste la filière la plus représentative avec 53 124 MW installés, soit 71 % des capacités électriques supplémentaires de 2023, très au-delà de sa performance enregistrée en 2022 (61 %). L'éolien se maintient autour de 21 %. Du côté des énergies fossiles, le gaz a représenté 8 % des nouveaux raccordements. Il convient de noter que 1,6 GW d'électricité nucléaire a été raccordé en Finlande.

Le graphique n° 2 présente le détail de chacun des États membres dans l'ordre décroissant des puissances électriques supplémentaires raccordées en 2023. Au cours de cette année, huit pays ont mis en service des centrales électriques à combustibles fossiles, principalement au gaz. La plus grande centrale à gaz raccordée se trouve en Allemagne et développe une puissance de 1 550 MW. Elle a représenté à elle seule 7 % de la capacité électrique supplémentaire totale connectée dans le pays. Cette proportion est légèrement supérieure en Italie et en France, où deux centrales à gaz ont aussi été mises en place et représentent respectivement 14 % et 13 % des nouvelles

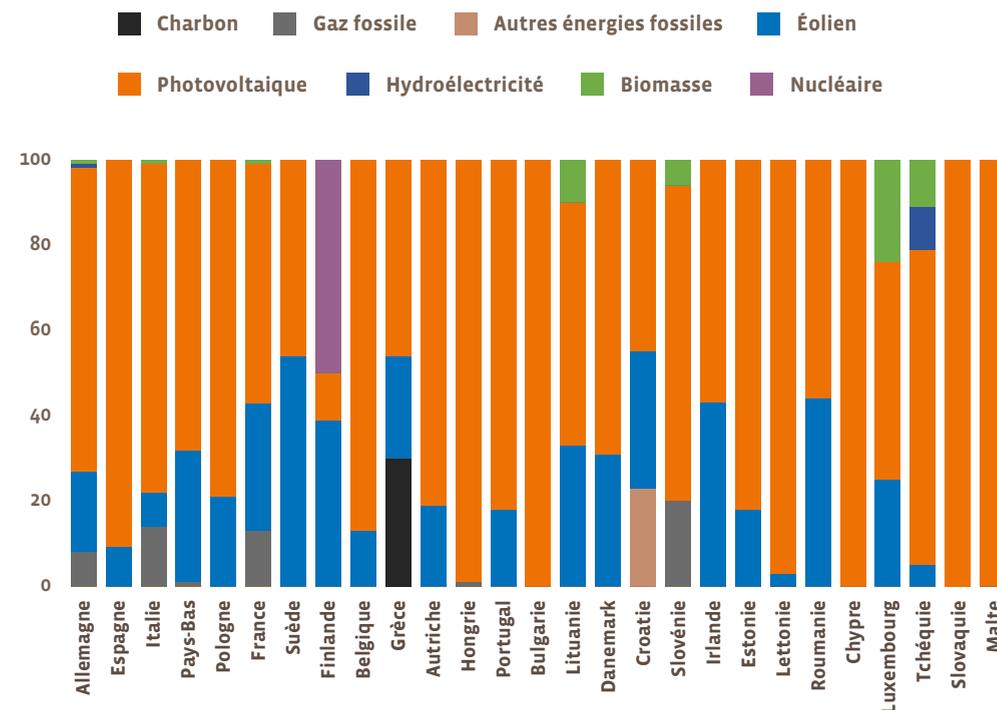
1
Répartition par technologie des capacités électriques supplémentaires raccordées en 2023 au sein de l'UE 27



Sources : EurObserv'ER, Ember

capacités électriques de ces pays en 2023. En Finlande, le réacteur nucléaire Olkiluoto 3 a été mis en service en avril. C'est le plus gros réacteur nucléaire européen et la Finlande prévoit qu'il produira 14 % de sa consommation nationale d'électricité. ■

2
Capacités électriques supplémentaires installées en 2023 par pays et technologie (en %)



Sources : EurObserv'ER, Ember



FOCUS : CAPACITÉ DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

LES ENJEUX AUTOUR DU STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

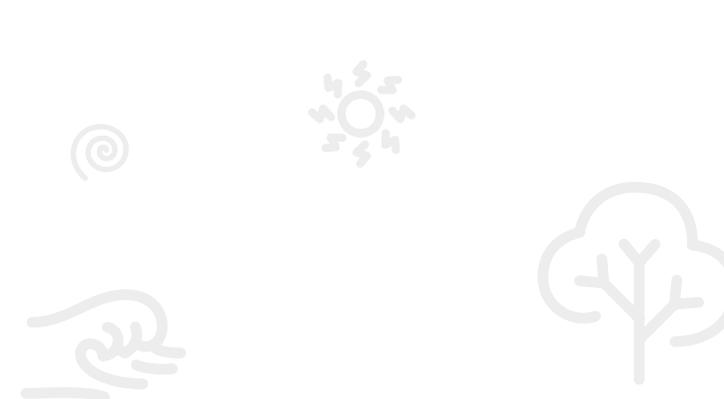
En termes de production et de consommation d'électricité, le paysage énergétique de l'Union européenne est en profonde mutation depuis plusieurs années. La lutte contre le changement climatique se traduit par une baisse de l'utilisation des énergies fossiles, portée par des modes de consommation plus sobres combinés à une augmentation de l'utilisation des technologies renouvelables. La transition environnementale amorcée s'illustre également par un mouvement de conversion d'une part croissante des différents besoins (mobilité, chauffage) des énergies fossiles vers l'électricité. Il en résulte une forte augmentation programmée de la production et de la consommation d'électricité d'origine renouvelable dans les bilans énergétiques des pays européens. L'éolien et le photovoltaïque sont les secteurs qui illustrent le mieux cette tendance, avec respectivement 16 et 53 GW de capacités supplémentaires raccordées rien qu'en 2022 pour l'ensemble des pays de l'UE à 27. Cependant, ces dernières technologies se caractérisent par une variabilité de leur production d'énergie, fortement liée aux conditions météorologiques.

Les applications de stockage de l'énergie se développent rapidement en Europe, car la quantité d'énergie d'équilibrage pouvant être fournie par la production d'électricité à partir de combustibles fossiles diminue et est de plus en plus remplacée par des sources d'énergies renouvelables variables. Les systèmes de stockage d'énergie produisent aujourd'hui des réserves de limitation de fréquence (FCR), des réserves automatiques de limitation de fréquence

(aFCR) et des réserves manuelles de limitation de fréquence (mFCR), et jouent un rôle essentiel dans la gestion et la stabilité du réseau (voir encadré ci-contre). Le stockage de l'énergie peut garantir une fourniture d'électricité stable pour des applications industrielles, en atténuant les temps d'arrêt et en assurant une production fiable. Les systèmes de stockage de l'énergie ont des fonctions polyvalentes, comme celle d'arbitrage. Ils peuvent acheter de l'électricité quand les prix sont bas et la revendre lorsqu'ils sont hauts, pour optimiser la génération de revenus. Le stockage de l'énergie permet de fournir un appoint d'électricité lors des pics de demande avec des prix élevés, de soulager la congestion du réseau et de gonfler la capacité générale du réseau pour freiner les réductions délibérées de la production intermittente des projets d'énergie renouvelable. Le stockage lié à des plateformes d'échanges transfrontaliers permet de coordonner des réponses à des écarts de fréquence dans plusieurs régions. Ces systèmes peuvent aussi combler l'écart entre l'offre et la demande d'énergie, qui sont fluctuantes, pour disposer d'un réseau plus adaptatif et réactif sur des régions plus étendues.

UNE LARGE GAMME DE TECHNOLOGIES DISPONIBLES

Il existe beaucoup de technologies et de types d'installations de stockage de l'électricité différents. Ils vont des centrales hydroélectriques de pompage-turbinage aux batteries individuelles installées chez les particuliers pour compléter une installation photovoltaïque en toiture. Ce chapitre aborde uniquement une partie de l'infrastructure de ↘



Les installations de stockage équilibrent la fréquence du réseau

Les gestionnaires de réseau de transport (GRT) de chaque pays ont besoin d'instruments pour maintenir la fréquence requise par le réseau (50 Hz ou 60 Hz selon le pays). Ces instruments sont les services d'équilibrage : des moyens réactifs à court terme qui régulent les écarts de fréquence sur le réseau électrique. En cas d'écart de fréquence, par exemple suite à la panne d'une centrale électrique, la réserve de stabilisation de la fréquence (FCR) intervient automatiquement en quelques secondes sur toute la région synchrone afin de restaurer l'équilibre entre l'offre et la demande. La FCR, aussi appelée « réserve primaire de régulation », constitue la première réponse aux perturbations de fréquence. Si l'écart persiste, cette réserve primaire est remplacée par la réserve de restauration de la fréquence avec activation automatique (aFRR). Les systèmes de stockage d'énergie par batterie à grande échelle jouent un rôle de plus en plus important dans les divers marchés énergétiques depuis plusieurs années. En Allemagne, une batterie de stockage à grande échelle de 480 MW est préqualifiée en tant que réserve de stabilisation de la fréquence (FCR) depuis 2022.

Réserve de stabilisation de la fréquence à activation automatique (aFCR) : une aFCR est une réserve automatisée qui s'active rapidement en cas d'écart de fréquence sur le réseau pour injecter de l'électricité ou au contraire délester le réseau afin de maintenir sa stabilité. Elle est aussi cruciale pour garantir le fonctionnement du réseau dans des limites de fréquence acceptables.

Réserve de restauration de la fréquence avec activation automatique (aFRR) : l'aFRR est un mécanisme qui fournit une réponse automatique la plus vite possible à de gros écarts de fréquence sur le réseau électrique, pour aider à ramener la fréquence du réseau à sa valeur nominale après des perturbations ou événements importants.

Réserve de stabilisation de la fréquence à activation manuelle (mFCR) : la mFCR nécessite une intervention manuelle et une régulation par des gestionnaires de réseau pour répondre aux écarts de fréquence, en fournissant une réponse supplémentaire en cas de besoin pour assurer la stabilité et la fiabilité du réseau. Les temps de réponse spécifiques requis pour chaque produit d'ajustement de courant peuvent varier en fonction des réglementations régionales et des consignes des gestionnaires de réseau. Il est essentiel que les systèmes de stockage de l'énergie qui fournissent des services d'équilibrage respectent les temps de réponse fixés par le gestionnaire de réseau compétent ou par l'autorité de régulation pour assurer une gestion efficace de la fréquence du réseau et une conformité aux normes de stabilité du réseau. Les temps de réponse peuvent aller de quelques secondes à plusieurs minutes.

stockage existante, en se concentrant sur les installations de grande capacité situées près des sites de production. Ces installations en amont du compteur sont appelées « front-of-meter », par opposition à celles situées sur le lieu de consommation (en général, une batterie individuelle chez un particulier) qui sont appelées « behind-the-meter » (BTM) et placées en aval du compteur. Les technologies d'équipements de stockage disponibles sont répertoriées dans le tableau 1 et regroupées par famille.

Actuellement, les technologies mécaniques sont la solution de stockage d'électricité la plus utilisée en Europe en termes de capacité, plus précisément les installations de pompage-turbinage (PHS). Pendant les périodes où le prix de l'électricité est bas, l'installation pompe l'eau du réservoir inférieur vers le réservoir supérieur. Ainsi, en cas de pic de demande avec un prix élevé de l'électricité, l'eau peut être libérée par les turbines vers le réservoir inférieur. Associées à d'autres infrastructures hydroélectriques, ces PHS offrent de la flexibilité au réseau électrique. Tous les pays ne disposent toutefois pas des reliefs topographiques naturels nécessaires pour développer ce type d'installation hydroélectrique, ce qui constitue un facteur limitant. Le stockage électrochimique d'électricité dans des batteries constitue l'autre solution la plus courante. La technologie la plus répandue est celle des batteries lithium-ion, généralement avec des électrodes en cobalt (pôle positif) et graphite (pôle négatif). Il existe également des technologies de stockage de l'électricité sous forme de chaleur. Celles-ci utilisent la chaleur stockée pour élever la température d'un fluide ou d'un solide, modifier l'état physique d'un matériau ou produisent des réactions chimiques endothermiques (qui absorbent la chaleur) en exploitant les capacités thermiques de différents matériaux. Des turbines à vapeur utilisent cette chaleur restituée en inversant le changement d'état pour produire de l'électricité. Le principal développement thermique en Europe a concerné la sous-technologie des sels fondus, mais dans le contexte assez restreint du stockage de l'électricité sur les sites d'énergie solaire à concentration. Le dernier type de technologie, essentiellement illustré par le « power to gas » (P2G), repose sur un procédé chimique. L'électricité est convertie en dihydrogène (H₂) par électrolyse de l'eau. Actuellement, l'hydrogène produit de cette façon est le plus souvent utilisé pour des applications autres que le stockage. La majeure partie de l'hydrogène est utilisée dans l'industrie

chimique (notamment pour la production d'engrais et de produits chimiques) ou comme carburant pour des moyens de transport lourds parcourant de longues distances, pour l'aviation et pour remplacer le charbon dans la production d'acier. Cependant, le procédé consistant à stocker de l'électricité renouvelable sous forme d'hydrogène, puis à alimenter une turbine avec pour produire de l'électricité (connu sous le nom de « power-to-gas-to-power ») constitue une piste prometteuse pour fournir de grandes quantités d'énergie quand l'éolien et le solaire sont indisponibles pour de longues périodes, mais aussi pour fournir de l'électricité lors des pics de consommation, quand les prix sont élevés. Il n'est pas toujours facile d'identifier les projets P2G uniquement orientés vers le stockage et pas vers d'autres applications. Les données collectées pour les besoins de ce chapitre s'efforcent de marquer cette distinction et les données de capacité figurant dans les entrées P2G des tableaux suivants sont relatives à des projets de stockages.

LA COMMISSION EUROPÉENNE S'IMPLIQUE

En mars 2023, la Commission a adopté une liste de recommandations visant à assurer un plus grand déploiement du stockage de l'énergie, accompagnée d'un document de travail des services de la Commission qui donne un aperçu du cadre réglementaire, commercial et financier actuel de l'UE pour le stockage. Le document identifie également les obstacles, les opportunités et les meilleures pratiques pour son développement et son déploiement. La flexibilité est particulièrement nécessaire dans le système électrique de l'UE, où la part des énergies renouvelables devrait atteindre environ 69 % d'ici à 2030 et 80 % d'ici à 2050 (contre 37 % en 2021). Différentes études analytiques ont tenté d'estimer l'avenir du déploiement du stockage de l'énergie dans l'UE. Elles indiquent qu'une capacité de stockage de l'énergie de 200 GW à 600 GW sera nécessaire d'ici 2030 et 2050 respectivement (contre environ 45 GW en 2022, principalement sous la forme de PHS). L'UE a besoin d'une chaîne de valeur industrielle solide, durable et résistante pour les technologies de stockage de l'énergie. Il existe une demande croissante de transparence et de disponibilité des données, ainsi qu'une plus grande granularité des données, notamment en ce qui concerne la congestion des réseaux, la réduction des énergies renouvelables, les prix du marché, les

1

Technologies et sous-technologies de stockage électrique

| Technologies | Sous-technologies |
|-----------------------------------|---|
| Mécanique | Station de transfert par pompage (PHS) |
| | Stockage d'énergie par pompage-turbinage (PHES) |
| | Stockage d'énergie adiabatique à air comprimé (Acaes) |
| | Stockage d'énergie à air comprimé (Caes) |
| | Stockage d'énergie par liquéfaction de l'air (Laes) |
| Électrochimique | Volant d'inertie/FES |
| | Batteries sodium-soufre |
| | Batteries au plomb |
| | Batteries au chlorure de sodium-nickel |
| | Batteries lithium-ion |
| | Batteries lithium-soufre R&D |
| | Batteries lithium-polymère |
| | Batteries métal air R&D |
| | Batteries nickel-cadmium |
| | Batteries nickel-hydrure métallique |
| | Batteries sodium-ion R&D |
| | Batteries à flux redox zinc-fer |
| | Batteries à flux redox vanadium |
| Batteries à flux redox zinc brome | |
| Électrique | Stockage d'énergie magnétique supraconductrice (Smes) |
| | Supercondensateur |
| Chimique | Power to gas, dihydrogène (H ₂) |
| | Power to ammonia – gasoline |
| | Power to methane |
| | Power to methanol + gasoline |
| Thermique | Sels fondus |
| | Stockage d'énergie par chaleur sensible (Stes) |
| | Matériaux à changement de phase (PCM) |
| | Stockage thermochimique (TCS) |

Source : base de données des technologies et installations européennes de stockage de l'énergie (database of the European energy storage technologies and facilities)

Capacités de stockage électrique opérationnelles dans l'UE à 27 (en MW) fin 2024

| | Mécanique | | Thermique | | Électrochimique | | Chimique | Total |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------|-----------------|
| | Stations de pompage-turbinage | Autres technologies | Sels fondus | Autres technologies | Batteries Li-ion | Autres technologies | P2G | |
| Allemagne | 6 853,2 | 0 | 1,5 | 0 | 1 586,4 | 101,1 | 16,4 | 8 558,6 |
| Italie | 8 036,1 | 0 | 5,1 | 0 | 436,9 | 36,3 | 0 | 8 514,4 |
| Espagne | 5 540,6 | 0,5 | 1 069,3 | 62,4 | 123,6 | 867,2 | 0 | 7 663,6 |
| France | 4 897,3 | 240,0 | 21,0 | 0 | 917 | 3,6 | 6,6 | 6 085,5 |
| Autriche | 5 701,3 | 0 | 0 | 0 | 22,4 | 1,3 | 0 | 5 725,0 |
| Portugal | 3 067,8 | 0 | 0 | 0 | 12,5 | 0 | 0 | 3 080,3 |
| Pologne | 2 443,6 | 0 | 0 | 0 | 11,3 | 11,0 | 0 | 2 465,9 |
| Bulgarie | 2 263,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 263,0 |
| Belgique | 1 304,0 | 0 | 0 | 0 | 142,1 | 1,4 | 0 | 1 447,5 |
| Luxembourg | 1 294,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 294,0 |
| Tchéquie | 1 149,8 | 0 | 0 | 0 | 66,0 | 0 | 0 | 1 215,8 |
| Lituanie | 900,0 | 0 | 0 | 0 | 200,0 | 0 | 0 | 1 100,0 |
| Slovaquie | 882,3 | 0 | 0 | 0 | 159,8 | 0 | 0 | 1 042,1 |
| Croatie | 1 020,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 020,9 |
| Irlande | 292,0 | 0 | 0 | 4,6 | 511,4 | 0 | 0 | 808,0 |
| Grèce | 705,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 705,9 |
| Suède | 425,0 | 0 | 0 | 10,0 | 265,4 | 0 | 0 | 700,4 |
| Slovénie | 605,0 | 0 | 0 | 0 | 42,6 | 0 | 0 | 647,6 |
| Pays-Bas | 2,8 | 0 | 0 | 0 | 165,7 | 28,0 | 0 | 196,5 |
| Roumanie | 154,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,0 | 0 | 161,5 |
| Finlande | 0 | 0 | 0 | 0 | 37,9 | 2,0 | 0 | 39,9 |
| Estonie | 0 | 0 | 0 | 0 | 25,0 | 0 | 0 | 25,0 |
| Danemark | 0 | 0 | 5,3 | 0 | 2,3 | 0,0 | 1,2 | 8,8 |
| Hongrie | 0 | 0 | 0 | 0 | 8,2 | 0,3 | 0 | 8,5 |
| Chypre | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lettonie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Malte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total UE 27 | 47 538,9 | 240,5 | 1 102,2 | 77,0 | 4 736,5,7 | 1 059,2 | 24,2 | 54 778,4 |

Source: EurObserv'ER

Capacités en développement par pays (en MW) fin 2024

| | Mécanique | | Thermique | | Électrochimique | | Chimique | Total |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|---------------------|------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| | Stations de pompage-turbinage | Autres technologies | Sels fondus | Autres technologies | Batteries Li-ion | Autres technologies | P2G | |
| Espagne | 7 212,9 | 0 | 100,0 | 0 | 1 086,8 | | 0 | 8 399,7 |
| Allemagne | 4 156,0 | 960,0 | 0 | 0 | 1 214,4 | 3,2 | 200,0 | 6 533,6 |
| Grèce | 2 715,1 | 0 | 52,0 | 0 | 784,6 | 0 | 0 | 3 551,7 |
| Irlande | 530,0 | 27,5 | 0 | 0 | 2 065,4 | 0 | 0 | 2 622,9 |
| Belgique | 550,0 | 0 | 0 | 0 | 1 255,0 | 0 | 0 | 1 805,0 |
| Bulgarie | 1 600,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 600,0 |
| Autriche | 1 539,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 539,5 |
| Roumanie | 1 448,8 | 0 | 0 | 0 | 6,0 | 0 | 0 | 1 454,8 |
| France | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 200,0 | 0 | 3,0 | 1 203,0 |
| Slovaquie | 0 | 0 | 0 | 0 | 943,8 | 0 | 0 | 943,8 |
| Pays-Bas | 0 | 640,0 | 0 | 3,0 | 231,0 | 7,5 | 1,0 | 882,5 |
| Estonie | 600,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 600,0 |
| Portugal | 550,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,0 | 551,0 |
| Croatie | 490,0 | 0 | 0 | 0 | 50,0 | 0 | 0 | 540,0 |
| Danemark | 0 | 320,0 | 5,0 | 0 | 3,0 | 0 | 0 | 328,0 |
| Pologne | 0 | 0 | 0 | 0 | 266,7 | 0 | 0 | 266,7 |
| France | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 200,0 | 0 | 3,0 | 1 203,0 |
| Lituanie | 225,0 | 0 | 0 | 0 | 12,0 | 0 | 0 | 237,0 |
| Finlande | 0 | 0 | 0 | 0 | 224,6 | 0 | 0 | 224,6 |
| Suède | 0 | 0 | 0 | 0 | 182,5 | 0 | 0 | 182,5 |
| Slovénie | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,0 | 0 | 0 | 60,0 |
| Chypre | 0 | 0 | 0 | 0 | 46,0 | 0 | 0 | 46,0 |
| Italie | 0 | 0 | 0 | 0 | 24,0 | 0 | 0 | 24,0 |
| Hongrie | 0 | 0 | 7 | 0 | 8,3 | 0 | 0 | 15,3 |
| Tchéquie | 0 | 0 | 0 | 0 | 8,0 | 0 | 0 | 8,0 |
| Lettonie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Luxembourg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total UE 27 | 21 617,3 | 1 947,5 | 164,0 | 3,0 | 9 672,2 | 10,7 | 205,0 | 33 619,6 |

Source: EurObserv'ER

énergies renouvelables, le contenu des émissions de gaz à effet de serre et les installations de stockage d'énergie installées. Ce besoin devient de plus en plus important pour les décisions d'investissement, de choix d'emplacement et d'évaluation des nouvelles installations de stockage d'énergie.

PRÈS DE 55 GW MIS EN ŒUVRE DANS L'UE 27

La capacité totale des sites opérationnels est passée d'environ 48,7 GW à 54,8 GW entre 2023 et 2024. La majorité du stockage en Europe provient de l'accumulation par pompage (47,6 GW), la majorité des installations se trouvant en Allemagne, en Italie, en France, en Espagne, en Autriche et au Portugal, leur capacité totale étant de 34 GW. Il convient de noter que la capacité croissante des projets électrochimiques est significative, ayant presque quintuplé depuis 2022, passant de 1 GW à près de 5 GW à la fin de 2024.

Le tableau 3 détaille les projets prévus dans l'Union européenne (autorisés, en construction, dans le pipeline, etc.). La capacité totale identifiée s'élève à 33,6 GW. Si le stockage mécanique domine cette capacité (21,6 GW), 9,7 GW supplémentaires sont attendus du stockage électrochimique au cours des prochaines années.

Eurobserv'ER a recueilli des données sur les projets de stockage d'énergie pour 2022, 2023 et 2024 et a mis à jour la base de données 2020 de la Commission européenne sur les technologies européennes de stockage d'énergie. La vérification des projets a été complétée par des recherches approfondies à l'aide de données de réseau accessibles au public, de communiqués de presse, de reportages, de données d'associations de stockage de l'énergie et d'entretiens. Jusqu'à présent, il n'existe pas de base de données centralisée et la collecte de données est entravée par la multitude de technologies ou d'opérateurs actifs dans ce secteur.

L'ALLEMAGNE, BASTION EUROPÉEN DU STOCKAGE

En Allemagne, la part des énergies renouvelables (ER) dans la consommation brute d'électricité devant être portée à au moins 80 % d'ici à 2030, les systèmes de stockage de l'énergie jouent un rôle fondamental dans la transition énergétique. Le catalyseur le plus important pour atteindre ces objectifs est la loi sur les sources d'énergies renouvelables (EEG 2023). Outre les mesures prises pour jeter les bases de la

neutralité climatique de l'Allemagne, la loi EEG 2023 prévoit des actions pour les installations de stockage. Cette loi permettra également au gouvernement de financer à l'avenir des concepts combinant les sources d'énergies renouvelables et le stockage local de l'électricité à base d'hydrogène. Le ministère fédéral des Affaires économiques et de l'Action pour le climat envisage également de prolonger jusqu'en 2029 l'annulation de la redevance réseau pour les installations de stockage à grande échelle en vertu de l'article 118, paragraphe 6, de la loi sur l'industrie de l'énergie (Energiewirtschaftsgesetz, « EnWG »). Le nombre d'installations de stockage d'électricité, leur puissance installée et leurs capacités de stockage sont enregistrés dans le registre des données de base du marché de l'énergie par l'Agence fédérale des réseaux (Bundesnetzagentur). À l'heure actuelle, le pays compte une trentaine d'installations de pompage-turbinage d'une capacité combinée d'environ 24 GWh et d'une puissance totale d'environ 7 GW. Ces chiffres correspondent aux estimations actuelles et soulignent l'importance du pompage-turbinage pour la stabilisation du réseau électrique. D'autre part, les installations de stockage par batterie en Allemagne se développent, mais restent en deçà du stockage par pompage en termes de capacité.

Uniper a investi environ 250 millions d'euros pour remettre en service une centrale de pompage-turbinage à Happurg, en Bavière, qui sera opérationnelle en 2028. Cette centrale est l'une des plus grandes d'Allemagne et la plus grande de Bavière. D'une puissance de 160 MW, elle a une hauteur de chute de 209 mètres et peut stocker environ 850 MWh d'électricité. En stockant l'énergie, la centrale de pompage-turbinage contribuera à renforcer la sécurité d'approvisionnement dans le sud de l'Allemagne. Un autre exemple est le projet de stockage d'énergie par batteries lithium-ion d'une capacité totale de 140 MW installé à Hamm-Uentrop et mis en service en 2024 par l'entreprise RWE. L'installation de stockage par batterie vise à fournir de l'énergie d'équilibrage à partir du second semestre 2024. En 2023, l'Allemagne est devenue le premier marché du stockage de l'énergie en Europe. Selon les données de l'Association européenne du stockage de l'énergie (Ease), les installations totales ont grimpé à 13,5 GWh, soit une augmentation stupéfiante de 93 % par rapport à l'année précédente. Il convient de noter en particulier l'essor du stockage résidentiel par batterie, qui a atteint 9,5 GWh, soit une hausse remarquable de 109 % en glissement annuel, ce

qui représente 70 % de la capacité totale. Alors que sur de nombreux marchés européens, l'attention se porte sur les appels d'offres et les ventes aux enchères à venir pour les systèmes de stockage de l'énergie, les acteurs du marché en Allemagne se concentrent sur les gains commerciaux et l'imprévisibilité des prix de l'électricité en raison de la part élevée des énergies renouvelables.

LA POLOGNE VEUT ACCÉLÉRER

La Pologne souhaite augmenter la capacité de stockage de l'énergie afin de soutenir l'intégration de la production variable et d'accroître la flexibilité du système. La compagnie d'électricité publique Polska Grupa Energetyczna (PGE) ayant pour objectif de construire 0,8 GW de stockage d'énergie d'ici 2030 et la politique énergétique de la Pologne jusqu'en 2040 (EPP2040) fixant un objectif d'environ 1,0 GW de stockage d'énergie (à l'exclusion du stockage par pompage) d'ici 2040, il n'a jamais été aussi crucial de mettre l'accent sur les solutions de stockage de l'énergie. En octobre 2024, la Commission européenne a approuvé un financement de 1,2 milliard d'euros pour la Pologne afin d'investir dans des installations de stockage d'électricité, soutenant ainsi la transition vers une économie nette zéro. Le régime a été approuvé au titre du cadre temporaire pour les aides d'État en faveur de la crise et de la transition (TCTF) et doit soutenir l'installation d'au moins 5,4 GW de nouvelles capacités de stockage d'électricité. En outre, l'objectif du régime est de réduire la dépendance de la Pologne à l'égard des combustibles fossiles pour la production d'électricité et d'intégrer les sources d'énergies renouvelables dans le réseau.

Pour soutenir la mise en œuvre des investissements dans le stockage de l'énergie, l'entreprise publique polonaise PGE a récemment annoncé un appel d'offres pour un système de stockage par batterie de 263 MW/900 MWh à Żarnowiec, qui deviendra probablement le plus grand du pays une fois achevé. D'ici 2030, PGE vise à développer au moins 800 MW de nouvelles capacités de stockage d'énergie. L'entreprise a également obtenu des raccordements pour une installation de stockage en batterie d'une capacité de 400 MW à Gryfino, dans le nord-ouest de la Pologne. Le 4 décembre 2024, la branche polonaise d'EDF Renewables a acquis son deuxième projet de stockage d'énergie par batterie en Pologne, une installation de 120 MW. La construction devrait commencer en 2025 et la mise en service est prévue pour

début 2028. La société avait précédemment acquis son premier projet de stockage d'énergie par batterie en Pologne, une installation de 50 MW, dont la mise en service est prévue pour le début de l'année 2026. Ce premier projet a obtenu un contrat de capacité de 17 ans à la mi-décembre de l'année dernière, lors d'enchères menées par l'opérateur du réseau de transport d'électricité polonais. Selon la loi sur l'énergie de 2021, les gestionnaires de réseau d'électricité doivent tenir des registres électroniques des installations de stockage d'électricité qui sont soit connectées à leur réseau, soit intégrées à leur réseau, ou qui font partie d'une unité de production ou d'une installation d'utilisateur final reliée à leur réseau. En Pologne, les gestionnaires de réseau de transport et de distribution ont enregistré 12 installations de stockage d'électricité d'une capacité d'au moins 50 kW. Le marché polonais du stockage de l'énergie connaît une croissance significative. Le stockage d'énergie représentait 15 % de la capacité contractée lors de la principale vente aux enchères pour 2028, contre moins de 7 % les années précédentes. À la suite des enchères principales pour la capacité couvrant la période 2021-2028 et des enchères supplémentaires pour la période 2021-2025, des contrats ont été conclus pour une capacité totale de stockage d'énergie de 9,5 GW. Sur ce total, 7,1 GW sont attribués à des unités existantes, 0,5 GW à des unités modernisées et 1,9 GW à de nouvelles unités prévues dans le cadre d'accords avec l'opérateur de marché.

UN NOUVEL OBJECTIF 2030 POUR L'ESPAGNE

En 2023, le Conseil des ministres espagnol a approuvé un décret royal qui mettait à jour le plan national intégré pour l'énergie et le climat (Pniec 2023-2030). Ce plan se concentre davantage sur la promotion des énergies renouvelables, le stockage et la gestion de la demande afin d'améliorer l'intégration. À partir de 2024, le gouvernement espagnol a fixé un nouvel objectif de 22,5 GW pour le stockage de l'énergie d'ici à 2030. D'ici à cette date, le pays prévoit également d'installer des projets de stockage d'énergie par batterie, des centrales hydroélectriques par pompage et des centrales solaires thermiques. Dans le cadre du Pniec 2023-2030, le pays vise également 76 GW d'énergie solaire, 62 GW d'énergie éolienne, dont 3 GW d'énergie éolienne en mer, ainsi que 1,4 GW de projets de biomasse. Pour atteindre

ces objectifs, le gouvernement espagnol a lancé des subventions à hauteur de 150 millions d'euros pour des projets de stockage d'énergie autonome, 150 millions d'euros pour des projets de stockage hybride et 30 millions d'euros pour des projets de stockage d'énergie thermique.

Plusieurs projets illustrent le paysage actif du stockage de l'énergie en Espagne. Sur les cinq premiers projets, deux méritent d'être mentionnés. Le premier est un projet de système de stockage d'énergie thermique, Sun2Store, développé par l'entreprise Malta en 2024, qui promeut le stockage de l'énergie électrique par le biais de pompes à chaleur dans des réservoirs de sel fondu, puis l'énergie générée est fournie au réseau pendant plus de 10 heures avec une puissance de 100 MWe. Le deuxième est celui du parc photovoltaïque solaire Erasmo à Saceruela, en Castille-La Manche (Espagne), qui appartient à l'entreprise Soto Solo. L'installation sera reliée à un système de stockage d'énergie et de production d'hydrogène vert. Le système de stockage d'énergie par batterie a une capacité de 80 MW et repose sur des batteries lithium-nickel-manganèse-cobalt (NMC). En outre, le marché espagnol du stockage de l'énergie prend de l'ampleur, en particulier avec les systèmes de stockage de l'énergie par batterie. Cette évolution s'explique par la nécessité croissante d'intégrer les sources d'énergies renouvelables dans le réseau électrique, d'améliorer la stabilité de l'approvisionnement et d'optimiser l'utilisation de l'énergie. Plusieurs politiques et réglementations jouent également le rôle de catalyseurs de cette croissance. La stratégie de stockage de l'énergie à l'horizon 2030, promue par le ministère de la Transition écologique et du Défi démographique, est l'un de ces catalyseurs. Elle prévoit des incitations financières et des activités de recherche et développement pour les nouvelles technologies. En outre, le sommet Solarplaza sur le stockage de l'énergie en Espagne marque une étape importante pour le marché espagnol du stockage de l'énergie. La conférence se penche sur des sujets clés tels que le réseau électrique, le stockage de l'énergie et la gestion des déchets. Elle aborde des sujets clés tels que l'intégration du réseau, les modèles commerciaux, les flux de revenus, les marchés (capacité, flexibilité), la législation, les stratégies d'investissement, les progrès technologiques et la construction de projets. La conférence a eu lieu à Madrid le 24 octobre 2024.

L'ITALIE MISE SUR LES BATTERIES LI-ION

Dans le cadre de son plan national intégré pour l'énergie et le climat (Pniec), l'Italie s'est engagée à produire 65 % de son électricité à partir d'énergies renouvelables d'ici à 2030. Pour y parvenir, le pays prévoit de disposer d'une capacité de stockage de l'énergie totalisant 8 GW pour l'hydroélectricité, 4 GW pour le stockage distribué (résidentiel) et 11 GW pour le stockage à grande échelle, ce qui nécessite un développement important des systèmes de stockage de l'énergie par batterie de grande capacité. Le secteur du stockage de l'électricité à grande échelle en est encore à ses débuts et souffre d'incertitudes réglementaires, de difficultés d'approvisionnement et d'une augmentation des coûts. Toutefois, une forte croissance est attendue dans les années à venir en raison des objectifs ambitieux du pays. Actuellement, l'infrastructure de stockage de l'énergie du pays est principalement basée sur des installations de stockage hydroélectriques par pompage et environ 470 MW de batteries Li-ion. Pour développer les installations de stockage d'électricité à grande échelle, le gouvernement italien a mis en place un programme qui a été approuvé par la Commission européenne à la fin de l'année 2023. L'Italie encouragera les investissements dans le stockage d'électricité à grande échelle pour atteindre une capacité d'au moins 70 GWh et une valeur de plus de 17 milliards d'euros au cours des dix prochaines années. La nouvelle capacité de stockage sera acquise par le biais d'appels d'offres publiés par Terna, l'opérateur italien du réseau à haute tension. Un appel d'offres a été lancé en 2024, axé sur des solutions de stockage basées sur des batteries lithium-ion et le pompage hydroélectrique. Cependant, Terna mettra à jour son analyse des technologies de référence au moins tous les deux ans afin de faire évoluer leur part respective dans les futurs appels d'offres nationaux. L'un des principaux acteurs du secteur est Enel Green Power, qui possède actuellement 26 centrales de stockage d'énergie en Italie. Quinze d'entre elles sont en service, avec une capacité totale d'environ 800 MW, tandis que 11 sont en cours de construction, et leur achèvement portera la capacité totale à environ 1,8 GW. En 2024, 7 centrales étaient opérationnelles: Assemini, Carpi, La Spezia, Porto Corsini, Serre Tavazzano, Trino 2 (capacité de 208 MW) et Udine Sud. En outre, 7 autres centrales sont en phase d'essai, tandis que toutes les autres sont à un stade avancé de la construction. Dans la plupart de ces cas, la principale technologie utilisée à l'échelle industrielle est celle des batteries lithium-ion.

Cependant, des alternatives sont également étudiées: les batteries à flux (basées sur la chimie du vanadium et du fer), le zinc, et les évolutions des batteries au lithium dans lesquelles l'électrolyte est à l'état solide plutôt que liquide. Pour les technologies non électrochimiques, en revanche, des solutions avec des installations de stockage thermique ou de type gravitationnel sont à l'étude. Il convient de noter qu'une attention particulière, notamment dans le cas des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), est accordée à la phase de fin de vie, dans une optique de circularité: de cette manière, l'élimination des composants et des matériaux est transformée en une opportunité. Par exemple, un projet connu sous le nom de Second Life a été développé par le groupe Enel à Melilla, une ville espagnole située sur la côte nord-africaine. Ce projet, mené en collaboration avec Nissan, consiste à réutiliser les batteries usagées des voitures électriques dans un BESS stationnaire afin d'alimenter le réseau local.

UN PROGRAMME DE 100 MILLIONS D'EUROS AU PORTUGAL

Le Portugal s'est engagé activement dans le développement de batteries stationnaires de grande capacité pour stocker l'électricité produite par les énergies renouvelables, dans le but d'accroître la flexibilité et la stabilité de son réseau électrique. Le gouvernement portugais a pour objectif de porter la part des énergies renouvelables dans la consommation d'électricité à 93 % d'ici à 2030, dépassant ainsi l'objectif précédent de 85 %. Pour réaliser cette ambition, le stockage de l'énergie est essentiel pour gérer l'intermittence des sources renouvelables et garantir un approvisionnement énergétique stable. D'ici à la fin de 2024, plus de 3 GW de capacité ont été identifiés pour le pays, avec relativement peu d'installations autres que les stations de pompage hydroélectriques. Cette situation devrait évoluer rapidement. Pour soutenir ces objectifs, le Portugal a mis en œuvre plusieurs politiques. En juillet 2024, le ministère portugais de l'Énergie a alloué près de 100 millions d'euros à des projets de flexibilité du réseau et de stockage de l'énergie, avec une capacité totale prévue de 500 MW.

Les projets éligibles peuvent recevoir jusqu'à 30 millions d'euros et doivent être opérationnels d'ici à la fin de 2025. En outre, un plan de relance et de résilience a été mis en place. Il vise à moderniser

l'infrastructure électrique et à promouvoir des solutions de stockage pour une gestion plus efficace des ressources énergétiques. En termes de financement, le Portugal mise sur le développement de partenariats public-privé. Des collaborations entre le secteur public et les entreprises privées ont été mises en place pour développer des solutions de stockage innovantes et renforcer la capacité de production nationale. Les années 2023 et 2024 ont été marquées par des progrès significatifs. C'est notamment le cas de l'usine de stockage par batterie en Algarve. En février 2024, le développeur de sites Galp, en partenariat avec la société américaine Powin, a annoncé l'installation d'un système de stockage d'énergie de 5 MW/20 MWh sur l'une de ses centrales photovoltaïques à Alcoutim. Ce projet permettra de stocker l'énergie solaire excédentaire pour l'utiliser lors des pics de demande, optimisant ainsi la valeur de l'énergie produite. D'ici 2024, le Portugal aura réduit la part de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles à seulement 10 %, grâce à une augmentation significative de la production d'énergie propre, en particulier de l'énergie hydraulique, éolienne et solaire. Cette transition a été soutenue par de grands projets tels que le barrage de Tâmega (1 158 MW) et le parc solaire de Cerca (202 MW).

EN FRANCE, 6 900 MW DANS LA FILE D'ATTENTE

À la fin de l'année 2024, la France disposait d'une capacité de stockage d'énergie de 6 085 MW. Une grande partie de cette capacité repose sur des installations hydroélectriques, mais l'importance des batteries stationnaires ne cesse de croître. Avec un parc estimé à environ 920 MW (la puissance d'un réacteur nucléaire), la France est l'un des pays européens qui a le plus développé ce type d'installation ces dernières années. Ce n'est qu'un début puisque le pays prévoit d'atteindre rapidement le seuil des 2 000 MW, selon une annonce de la Commission de régulation de l'énergie (CRE). À long terme, la Commission parle de 6 900 MW de projets à des degrés divers de développement. Ces niveaux sont loin de ceux de 2019, puisque seuls 7 MW étaient alors raccordés, et 100 MW étaient en attente de raccordement. En matière de stockage de l'énergie, les ambitions de la France sont de renforcer la souveraineté énergétique du pays en développant une filière nationale de production de batteries. D'ici 2030, la France prévoit d'atteindre une capa-

citée de production de batteries comprise entre 100 et 120 GWh, créant ainsi environ 10 000 emplois directs. À noter que ces chiffres concernent également les batteries pour les particuliers.

Parmi les projets les plus importants du pays, celui du port de Nantes-Saint-Nazaire (Loire-Atlantique) se distingue. Le spécialiste britannique du stockage Harmony Energy construit actuellement un système de stockage d'énergie par batterie sur un site précédemment occupé par la centrale de Chevire, qui a fonctionné de 1954 à 1986 et était alimentée par du charbon, du gaz et du pétrole. La future batterie, d'une puissance de 100 MW et d'une capacité de 200 MWh, permettra de stocker pendant 2 heures l'équivalent de la consommation de 170 000 foyers. Il s'agit donc de l'un des plus grands projets de ce type en France. Il utilisera les technologies Tesla Megapack, dont chaque unité peut stocker plus de 3,9 MWh d'énergie, et Autobidder, une plateforme d'échange et de contrôle d'actifs. Une fois en service, l'installation fournira des services de compensation au réseau électrique et permettra l'intégration croissante des énergies renouvelables. La mise en service est prévue pour l'hiver 2025. Une variante de ce projet est réalisée dans l'Oise, au nord de Paris, par la société suisse Alpiq. Toujours en partenariat avec Harmony Energy, le futur site comprendra également une batterie de 100 MW pour améliorer la stabilité du réseau et contribuer à la sécurité d'approvisionnement en énergie électrique renouvelable. Dans ce cas, la mise en service est prévue pour l'automne 2026. Cependant, le développement des installations de stockage d'énergie s'accompagne de débats. L'organisation professionnelle France Renouvelables souligne les risques de tensions d'approvisionnement en lithium, matière première des batteries stationnaires mais aussi de celles destinées aux véhicules électriques. L'organisation souligne également l'importance de développer une industrie européenne des batteries, car plus de 80 % des batteries produites en 2022 étaient concentrées par six entreprises chinoises ou coréennes. ■



INDICATEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Le chapitre suivant aborde les retombées socio-économiques des différentes filières européennes des énergies renouvelables, principalement en termes de chiffre d'affaires et d'emploi. Les données 2022 et 2023

couvrent les 27 États membres. Depuis l'édition 2021 de « L'état des énergies renouvelables en Europe », le Royaume-Uni ne figure plus dans les résultats.

Note méthodologique

Depuis l'édition 2017 de « L'état des énergies renouvelables en Europe », un modèle formalisé a été développé par le Centre pour la recherche sur l'énergie des Pays-Bas (ECN, actuellement TNO Energy and Materials Transition) et a été utilisé pour évaluer l'emploi et le chiffre d'affaires dans l'Union européenne. L'approche appliquée ici repose sur une évaluation de l'activité économique de chaque secteur renouvelable couvert. Une approche cohérente et mathématique est utilisée pour générer les effets sur l'emploi, le chiffre d'affaires et la valeur ajoutée brute, ce qui permet d'établir des comparaisons entre les États membres. À cette fin, des tableaux entrées-sorties permettent de prendre en compte les caractéristiques propres à chaque secteur économique, dans les différents États membres, pour déterminer les effets sur l'emploi, le chiffre d'affaires et la valeur ajoutée brute dans les filières renouvelables. Les bases de données sous-jacentes proviennent

d'Eurostat, du JRC et d'EurObserv'ER. Cette analyse est axée sur les flux monétaires issus de quatre activités distinctes dans la chaîne de valeurs des énergies renouvelables :

1. les investissements dans de nouvelles installations ;
2. les activités d'exploitation et de maintenance des unités existantes, incluant les unités nouvellement mises en place ;
3. la production et le commerce des équipements liés aux énergies renouvelables ;
4. la production et le commerce de la biomasse.

D'autres caractéristiques de modélisation sont soulignées ci-dessous :

- dans les indicateurs, le terme « emploi » est utilisé pour « équivalent temps plein » (ETP). La baisse ou la hausse soudaine du nombre d'emplois présentée dans cette étude ne correspond pas nécessairement aux observations des associations

sectorielles nationales, susceptibles d'utiliser des méthodes d'évaluation différentes ;

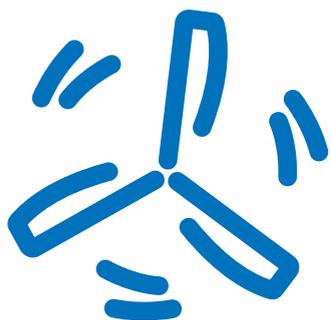
- les données relatives à l'emploi présentées dans les différents chapitres se réfèrent à l'emploi brut. Les évolutions dans les secteurs des énergies non renouvelables ou la réduction des dépenses dans d'autres secteurs ne sont pas prises en compte ;
- les données relatives à l'emploi comprennent à la fois les emplois directs et indirects. L'emploi direct concerne la fabrication d'équipements d'énergie renouvelable, la construction d'installations d'énergie renouvelable, l'ingénierie et la gestion, l'exploitation et la maintenance, l'approvisionnement et l'exploitation de la biomasse. L'emploi indirect concerne des activités secondaires telles que le transport ou d'autres activités de service. L'emploi induit ne rentre pas dans le cadre de cette analyse ;
- l'emploi lié aux mesures d'efficacité énergétique, de mobilité électrique ou de stockage de l'énergie ne rentre pas non plus dans cette analyse ;
- les indicateurs socio-économiques de la filière bioénergie (biocarburants, biomasse et biogaz) incluent les activités situées en amont, dans les filières agricole et sylvicole ;
- le modèle ne peut affecter les investissements dans les énergies renouvelables qu'à l'année de mise en service. Les activités relatives à la

préparation du projet, qui se sont déroulées les années précédentes, sont toutes affectées à cette année-là. C'est pourquoi les grands projets avec des délais longs (c'est souvent le cas pour des technologies telles que l'hydroélectricité, l'éolien offshore et la géothermie) entraînent une plus grande variabilité des estimations d'emploi et de chiffre d'affaires ;

- les valeurs ajoutées brutes et chiffres d'affaires sont exprimés en millions d'euros courants (M€) ;
- les indicateurs socio-économiques ont été arrondis à la centaine près pour l'emploi et à 10 millions d'euros près pour le chiffre d'affaires et la valeur ajoutée brute.

Ce chapitre conclut avec un indicateur des retombées sur l'emploi dans les carburants fossiles à partir des énergies remplacées grâce à l'augmentation de la production de renouvelables. Il ne prend en compte que les emplois directs dans les secteurs fossiles, mais pas les investissements remplacés ni les effets indirects.

Pour de plus amples informations sur la méthodologie utilisée dans ce chapitre, les lecteurs intéressés sont invités à consulter le document méthodologique fournissant des précisions sur la nouvelle approche. Ce document peut être téléchargé sur le site web du projet EurObserv'ER.



ÉOLIEN

En 2023, la capacité éolienne nette raccordée dans l'Union européenne a augmenté d'environ 16 GW (15 850 MW), principalement grâce à l'activité à terre. La capacité éolienne offshore a augmenté à 2 270 MW, marquant ainsi une progression de 14,1 % par rapport à 2022. Ces chiffres expliquent en partie la hausse notable du nombre d'emplois dans tout le secteur. Avec un total de 333 800 emplois identifiés, EurObserv'ER estime que l'emploi a significativement progressé dans l'Union européenne en 2023 (60 300 emplois de plus qu'en 2022). Ce phénomène s'accompagne d'une augmentation du chiffre d'affaires (8,1 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée brute (3,4 milliards d'euros). Avec des résultats similaires aux estimations de 2022, la

hausse du chiffre d'affaires en 2023 renforce la position du secteur en tant que deuxième technologie par le chiffre d'affaires, derrière les pompes à chaleur.

En matière de résultats individuels par pays, la Lituanie, le Luxembourg et les Pays-Bas se distinguent par la croissance relative importante de leur capacité installée. La Lituanie a connu une augmentation remarquable de 37 % de sa capacité éolienne installée en 2023, avec une capacité installée cumulée de 1 288 MW. Le Luxembourg et les Pays-Bas ont aussi enregistré une croissance importante, avec une augmentation respective de 25 % (208 MW) et de 23 % (10 749 MW) de leur capacité installée en 2023. Pour le Luxembourg, cela s'explique principalement par de nouvelles

installations à terre, tandis que pour les Pays-Bas, ce sont surtout les nouvelles installations en mer qui ont pesé dans la balance. Dans le même temps, l'Allemagne, leader européen de l'industrie éolienne, est passée de 85 600 emplois en 2022 à 97 900 en 2023, en lien direct avec l'augmentation de sa capacité installée et des parts de marché des équipements. L'Espagne, deuxième pays de l'Union européenne sur cette technologie, a également connu une augmentation notable de sa capacité installée qui a entraîné une hausse de 37 100 emplois en 2022 à 43 000 en 2023. Dans l'ensemble, aucun des États membres n'a enregistré de baisse considérable dans sa capacité installée en 2023.

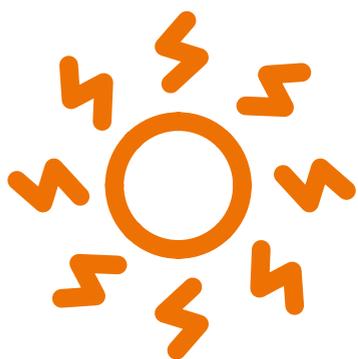
Cette hausse de la capacité éolienne souligne l'engagement collectif de l'Europe pour une transition vers des sources d'énergies renouvelables qui stimulent la croissance économique et réduisent les émissions de carbone. Il est important de noter que ces chiffres positifs arrivent après une augmentation similaire constatée en 2022 et illustrent la résilience et la croissance de la filière en Europe. ■



Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Allemagne | 85 600 | 97 900 | 14 180 | 16 140 | 6 220 | 7 080 |
| Espagne | 37 100 | 43 000 | 4 970 | 5 720 | 2 120 | 2 420 |
| France | 36 500 | 40 200 | 5 910 | 6 710 | 2 400 | 2 690 |
| Pays-Bas | 11 400 | 38 400 | 1 840 | 5 850 | 760 | 2 490 |
| Danemark | 22 600 | 27 700 | 5 030 | 6 070 | 1 990 | 2 430 |
| Pologne | 13 700 | 17 100 | 1 050 | 1 300 | 460 | 570 |
| Suède | 16 800 | 12 600 | 3 220 | 2 520 | 1 620 | 1 290 |
| Italie | 9 100 | 9 400 | 1 470 | 1 530 | 620 | 640 |
| Finlande | 13 800 | 8 400 | 2 360 | 1 510 | 1 020 | 660 |
| Grèce | 2 500 | 7 000 | 290 | 670 | 140 | 300 |
| Portugal | 4 200 | 6 700 | 380 | 540 | 160 | 220 |
| Lituanie | 4 400 | 5 800 | 200 | 270 | 100 | 140 |
| Belgique | 4 000 | 3 200 | 860 | 690 | 330 | 270 |
| Autriche | 2 600 | 3 100 | 490 | 570 | 210 | 240 |
| Roumanie | 2 200 | 3 100 | 190 | 250 | 80 | 110 |
| Irlande | 2 800 | 3 000 | 480 | 510 | 200 | 210 |
| Croatie | 600 | 2 500 | 50 | 160 | 20 | 70 |
| Tchéquie | 800 | 1 200 | 70 | 100 | 30 | 40 |
| Hongrie | 800 | 1 200 | 60 | 80 | 20 | 30 |
| Estonie | 200 | 900 | 20 | 70 | 10 | 30 |
| Bulgarie | 600 | 600 | 40 | 40 | 20 | 20 |
| Luxembourg | 100 | 300 | 20 | 50 | 10 | 20 |
| Chypre | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Lettonie | 700 | 100 | 40 | 10 | 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 273 500 | 333 800 | 43 260 | 51 400 | 18 590 | 22 020 |

Source : EurObserv'ER



PHOTOVOLTAÏQUE

Dans l'ensemble, EurObserv'ER souligne des retombées socio-économiques importantes de la filière photovoltaïque en 2023, avec 66,3 milliards d'euros de chiffre d'affaires (contre 40,8 milliards d'euros en 2022), 27 790 millions d'euros de valeur ajoutée brute (contre 17 180 millions d'euros en 2022) et 560 300 équivalents temps plein (une hausse significative de 62 % par rapport à 2022). Cette croissance est corrélée à la hausse de 24 % de la capacité photovoltaïque totale installée dans l'UE (256 GW). Les 61,5 GW de capacité supplémentaire installée en 2023 dépassent les 36,5 GW d'augmentation observés en 2022

et contribuent aussi à la hausse des chiffres de l'emploi. Le suivi réalisé par EurObserv'ER montre une croissance remarquable du photovoltaïque et des indicateurs socio-économiques dans la plupart des États membres, avec une augmentation significative du chiffre d'affaires (25,5 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée brute (10,8 milliards d'euros) prévue pour 2023.

L'Allemagne reste au premier rang des employeurs dans la filière photovoltaïque de l'Union européenne avec 139 800 emplois (contre 87 100 en 2022) découlant d'une augmentation importante de la capacité nouvelle (61,5 GWc) installée en

2023 (presque le double des 36,5 GWc installés en 2022). L'Espagne se place à la deuxième position des employeurs du secteur en 2023 avec 110 100 emplois et enregistre une augmentation remarquable de 78 % de la capacité installée (30,6 GWc). Cela contribue à la plus grosse croissance absolue enregistrée par rapport au nombre d'emplois au sein de l'Union européenne, avec 73 800 emplois supplémentaires en Espagne. Il est à souligner que ce modèle suppose des liens étroits entre croissance de la capacité installée et développement de l'emploi, ce qui pourrait induire une surestimation de la croissance de l'emploi dans cette filière. D'autres pays ont aussi beaucoup augmenté leur capacité de production, comme la Finlande, qui a notamment dépassé le GW de capacité installée pour la première fois et enregistré une croissance de 72 % de la filière, créant quelque 2 800 emplois. Par ailleurs, des pays comme l'Italie, les Pays-Bas et la Pologne ont enregistré la plus forte croissance de leur capacité de production, après l'Allemagne et l'Espagne, pour un total combiné de 30 700 nouveaux emplois. ■



Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Allemagne | 87 100 | 139 800 | 13 070 | 20 900 | 5 810 | 9 290 |
| Espagne | 36 300 | 110 100 | 3 830 | 11 470 | 1 670 | 5 010 |
| Pologne | 44 100 | 49 700 | 3 100 | 3 510 | 1 260 | 1 420 |
| Italie | 26 500 | 47 800 | 3 740 | 6 670 | 1 460 | 2 630 |
| Pays-Bas | 30 000 | 33 800 | 4 340 | 4 910 | 1 640 | 1 850 |
| France | 20 500 | 27 700 | 2 930 | 3 940 | 1 200 | 1 620 |
| Hongrie | 19 500 | 20 700 | 1 100 | 1 180 | 460 | 480 |
| Bulgarie | 7 600 | 18 100 | 380 | 920 | 140 | 330 |
| Portugal | 12 000 | 17 700 | 640 | 950 | 250 | 370 |
| Grèce | 12 700 | 12 200 | 1 030 | 990 | 410 | 390 |
| Belgique | 2 200 | 11 100 | 430 | 2 150 | 150 | 770 |
| Autriche | 6 600 | 9 700 | 1 170 | 1 710 | 500 | 730 |
| Suède | 4 900 | 9 400 | 850 | 1 640 | 400 | 760 |
| Lituanie | 5 100 | 9 100 | 220 | 380 | 110 | 200 |
| Danemark | 10 500 | 7 300 | 2 000 | 1 510 | 810 | 600 |
| Roumanie | 2 900 | 7 000 | 200 | 490 | 70 | 190 |
| Finlande | 3 500 | 6 300 | 690 | 1 230 | 270 | 480 |
| Tchéquie | 7 700 | 4 700 | 560 | 380 | 200 | 130 |
| Estonie | 1 600 | 4 100 | 120 | 300 | 40 | 110 |
| Croatie | 1 000 | 3 600 | 60 | 200 | 20 | 80 |
| Slovénie | 2 200 | 3 300 | 160 | 250 | 60 | 100 |
| Lettonie | 500 | 2 700 | 30 | 150 | 10 | 50 |
| Irlande | 300 | 1 800 | 40 | 250 | 20 | 100 |
| Chypre | 1 000 | 1 000 | 90 | 90 | 30 | 30 |
| Slovaquie | 200 | 900 | 20 | 70 | 10 | 30 |
| Luxembourg | 300 | 500 | 40 | 80 | 20 | 30 |
| Malte | 100 | 200 | 10 | 20 | < 10 | 10 |
| Total UE 27 | 346 900 | 560 300 | 40 850 | 66 340 | 17 030 | 27 790 |

Source : EurObserv'ER



SOLAIRE THERMIQUE

Les chiffres couvrent ici les technologies à panneaux solaires thermiques plats et d'héliothermodynamique. La modélisation d'EurObserv'ER estime à 3 milliards d'euros le chiffre d'affaires du secteur, avec 23 600 emplois concernés en 2023. Une baisse du chiffre d'affaires du secteur (0,4 milliard d'euros) est prévue pour 2023, dans la lignée d'une baisse plus importante enregistrée en 2022. Les niveaux d'emploi devraient baisser de 200 emplois, également dans la droite ligne de la forte baisse observée en 2022. La majeure partie de la chute du nombre d'emplois provient d'une inversion de la croissance de la capacité installée en Allemagne, qui a connu une baisse relativement faible (0,1 %) en 2023 par rapport à son augmentation de 3 % enregistrée en 2022. Cette diminution peut en partie s'expliquer par le ralentissement des installations de chaudières à biomasse¹. Elle a fortement affecté l'emploi en Allemagne, avec près de 3 700 emplois en moins par rapport aux estima-

tions, même si le pays arrive toujours en deuxième place en matière de nombre absolu d'emplois dans le secteur solaire thermique au sein de l'Union européenne. De même, cette baisse se reflète dans le chiffre d'affaires (moins 0,6 milliard d'euros par rapport à 2022) et la valeur ajoutée brute (moins 250 millions d'euros). La Pologne enregistre la deuxième plus forte perte d'emplois, avec une baisse de 500 emplois.

Parmi les pays qui ont développé leur capacité solaire thermique en 2023, la France est celui avec la plus grosse croissance relative du nombre d'emplois dans le secteur, avec une augmentation de 143 % par rapport à 2022, pour un total de 2 000 emplois créés.

L'Espagne a devancé l'Allemagne en devenant le plus gros acteur européen du solaire thermique, avec un total de 5 900 emplois et des revenus atteignant 890 millions d'euros, légèrement au-dessus des niveaux de 2022. La baisse s'explique par un léger ralentissement de la croissance de la capacité installée en 2023, à 57 MWth contre 78 MWth en 2022. En outre, l'Espagne abrite le plus grand parc de centrales héliothermodynamiques

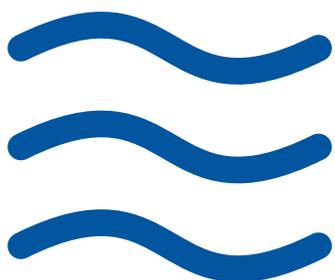
de l'Union européenne. Les activités d'exploitation-maintenance du secteur affectent positivement les estimations de l'emploi dans le pays. Le segment de marché de l'héliothermodynamique a stagné ces dernières années, avec peu de nouvelles installations dans l'Union européenne. L'emploi dans le secteur devrait donc provenir principalement des fournisseurs de technologies et des fabricants de composants basés dans l'UE. Actuellement, les installations proprement dites se font principalement en dehors de l'Union européenne. L'Italie est le seul pays affichant une augmentation de sa capacité installée dans la filière, avec une augmentation de 4,26 MWe. Ces résultats arrivent après une année sans aucun nouveau déploiement héliothermodynamique enregistré au sein de l'Union européenne. ■

1. J.-P. Meyer, 25 juin 2024, « Difficult market environment for residential solar thermal providers in Germany », *Solarthermalworld*, <https://solarthermalworld.org/news/difficult-market-environment-for-residential-solar-thermal-providers-in-germany/>

Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Espagne | 6 000 | 5 900 | 900 | 890 | 430 | 420 |
| France | 1 400 | 3 400 | 210 | 530 | 80 | 210 |
| Grèce | 2 900 | 3 200 | 260 | 290 | 90 | 110 |
| Allemagne | 6 500 | 2 800 | 960 | 370 | 420 | 170 |
| Bulgarie | 1 400 | 1 400 | 70 | 70 | 20 | 20 |
| Autriche | 1 800 | 1 300 | 340 | 240 | 150 | 100 |
| Italie | 1 800 | 1 300 | 240 | 180 | 90 | 70 |
| Pologne | 2 000 | 1 300 | 140 | 90 | 50 | 30 |
| Portugal | 700 | 700 | 30 | 30 | 10 | 10 |
| Danemark | 300 | 400 | 60 | 70 | 20 | 30 |
| Chypre | 200 | 200 | 20 | 20 | 10 | 10 |
| Tchéquie | 200 | 200 | 10 | 10 | 10 | < 10 |
| Belgique | 100 | 100 | 10 | 20 | < 10 | 10 |
| Croatie | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Hongrie | 100 | 100 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Pays-Bas | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Roumanie | < 100 | 100 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Suède | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Estonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Finlande | < 100 | < 100 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Irlande | < 100 | < 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Lituanie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | < 100 | < 100 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Lettonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 26 700 | 23 600 | 3 390 | 2 950 | 1 530 | 1 340 |

Source : EurObserv'ER



ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE

La grande majorité des infrastructures hydroélectriques européennes a été mise en place dans les années 1960-1970 et nécessite aujourd'hui d'être réhabilitée et modernisée. Le modèle utilisé prend en compte les retombées sur l'emploi des installations hydroélectriques de toutes tailles, y compris les centrales de pompage-turbinage et les centrales au fil de l'eau. Ce modèle est assez sensible aux augmentations soudaines de capacité, qui conduisent à des pics d'emploi, car les emplois liés aux activités de préparation sont également affectés à l'année de mise en service (voir note méthodologique). L'effet est particulièrement perceptible pour les technologies telles que l'hydroélectricité, dont les grands projets ne sont finalisés que de façon irrégulière. Comme les données relatives uniquement aux nouvelles capacités ne sont pas disponibles, il est possible d'avoir une surestimation pour certains pays.

Très peu de changements ont été enregistrés dans le volume de capacité hydroélectrique installée en 2023. On observe

une augmentation globale de 411 MW qui traduit une hausse de 0,27 %. La plus grosse augmentation de capacité installée est enregistrée en France, avec 362 MW hydroélectriques supplémentaires en 2023. La France a également enregistré la plus forte augmentation du nombre d'emplois dans cette filière au sein de l'Union européenne, avec l'ajout de 7 500 emplois. Il convient de remarquer que, comme indiqué au paragraphe précédent, il s'agit peut-être là d'une surestimation, car la construction de capacité additionnelle est désormais allouée à une année. En France, l'augmentation du chiffre d'affaires et de la valeur ajoutée brute s'élevait respectivement à 1,1 milliard d'euros et à 460 millions d'euros. Cette augmentation contraste avec la baisse considérable du nombre d'emplois observée en 2022, avec la perte enregistrée de 11 700 emplois.

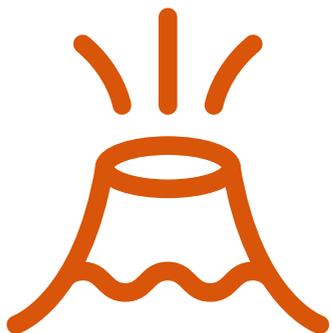
Après la France, les pays avec les plus fortes augmentations du nombre d'emplois sont l'Allemagne, l'Italie et le Portugal. Ensemble, ces pays cumulent 5 700 emplois supplémentaires.

L'augmentation de leur chiffre d'affaires et de leur valeur ajoutée brute était respectivement estimée à 730 millions d'euros et 300 millions d'euros. Aucun pays n'affiche de baisse du nombre d'emplois estimés dans la filière de l'énergie hydroélectrique en 2023. Le niveau d'emploi global du secteur a gagné 16 000 équivalents temps plein (ETP) dans l'Union européenne, pour atteindre 41 600 emplois dans l'hydroélectricité en 2023. Une augmentation de 2,1 milliards d'euros de chiffre d'affaires a été observée dans la filière, pour atteindre un total de 5,3 milliards d'euros. De même, une augmentation de 930 millions d'euros de valeur ajoutée brute a été observée dans la filière, pour atteindre un total de 2,22 milliards d'euros. Dans les pays où aucune nouvelle capacité n'a été ajoutée en 2023, les estimations de chiffre d'affaires et d'emploi découlent des activités d'exploitation et de maintenance des centrales hydroélectriques existantes. Celles-ci sont les plus élevées dans les pays possédant les plus gros parcs hydroélectriques. ■

Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| France | 3 900 | 11 400 | 570 | 1 650 | 220 | 680 |
| Italie | 3 700 | 5 200 | 520 | 750 | 200 | 290 |
| Allemagne | 1 500 | 4 300 | 240 | 660 | 110 | 290 |
| Espagne | 3 400 | 3 500 | 400 | 420 | 180 | 180 |
| Portugal | 2 000 | 3 400 | 120 | 200 | 40 | 70 |
| Autriche | 1 900 | 2 700 | 350 | 500 | 130 | 200 |
| Suède | 2 000 | 2 100 | 370 | 390 | 170 | 190 |
| Roumanie | 1 100 | 1 700 | 90 | 140 | 30 | 50 |
| Croatie | 500 | 1 100 | 30 | 70 | 10 | 30 |
| Bulgarie | 800 | 800 | 50 | 50 | 20 | 20 |
| Grèce | 700 | 800 | 60 | 70 | 20 | 30 |
| Tchéquie | 500 | 700 | 40 | 50 | 10 | 20 |
| Pologne | 400 | 600 | 40 | 40 | 10 | 20 |
| Lettonie | 500 | 500 | 30 | 30 | 10 | 10 |
| Slovénie | 400 | 500 | 30 | 40 | 10 | 20 |
| Slovaquie | 500 | 500 | 40 | 40 | 10 | 10 |
| Finlande | 400 | 400 | 70 | 70 | 30 | 30 |
| Lituanie | 300 | 300 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Belgique | 200 | 200 | 30 | 30 | 10 | 10 |
| Luxembourg | 200 | 200 | 30 | 30 | 10 | 10 |
| Estonie | < 100 | 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Irlande | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Danemark | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Hongrie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Pays-Bas | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 25 600 | 41 600 | 3 190 | 5 310 | 1 310 | 2 240 |

Source : EurObserv'ER



GÉOTHERMIE

Comme lors des années précédentes, la géothermie profonde représente la filière renouvelable la plus modeste de l'Union européenne, tant en termes de chiffre d'affaires que d'emplois induits. Selon les résultats de la modélisation, le chiffre d'affaires global du secteur dans l'UE a baissé de 40 millions d'euros pour atteindre 730 millions d'euros, et le nombre d'emplois a chuté à 6 000 en 2023

(contre 6 200 en 2022). La capacité totale installée pour l'électricité géothermique en Europe est stable. Dans les États membres de l'Union européenne, les nouvelles capacités sont plutôt observées du côté du réseau de chauffage urbain que de la production d'électricité. En 2023, la plus grande augmentation de capacité en géothermie de chauffage a été observée en Roumanie (de

88 MWth à 100,2 MWth), en Allemagne (de 356 MWth à 363,5 MWth) et aux Pays-Bas (de 369 MWth à 376 MWth). L'Italie, acteur historiquement dominant du secteur, est le premier employeur de la filière géothermie, avec un chiffre d'affaires de 150 millions d'euros et 1 000 emplois en 2023. Arrive ensuite la Hongrie, qui a pratiquement doublé le nombre d'emplois dans la filière (de 500 à 900) entre 2022 et 2023. Cela correspond à un chiffre d'affaires de 60 millions d'euros.

Les plus grosses baisses du nombre d'emplois ont été observées en France, avec la perte de 400 emplois, ainsi qu'en Italie et en Pologne qui ont enregistré 200 emplois de moins chacune. En France et en Pologne, cela correspond à une baisse relative de 50 % du nombre d'emplois par rapport à 2022. Il convient de souligner que les données relatives aux nouveaux projets français n'étaient pas complètes au moment de la rédaction du présent bilan. Il est donc possible que la publication de ces données révèle une baisse réelle du nombre d'emplois moins forte que prévu, voire une augmentation. ■



Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|--------------|----------------------------|------------|--------------------------------------|------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Italie | 1 200 | 1 000 | 180 | 150 | 70 | 60 |
| France | 1 200 | 900 | 190 | 130 | 70 | 50 |
| Hongrie | 500 | 900 | 30 | 60 | 10 | 20 |
| Allemagne | 400 | 400 | 60 | 70 | 30 | 30 |
| Pays-Bas | 300 | 400 | 60 | 70 | 20 | 30 |
| Roumanie | 100 | 300 | 10 | 20 | < 10 | 10 |
| Pologne | 400 | 200 | 30 | 20 | 10 | 10 |
| Autriche | 100 | 100 | 20 | 20 | 10 | 10 |
| Portugal | 200 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | < 100 | 100 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Belgique | < 100 | < 100 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Bulgarie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Tchéquie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Danemark | < 100 | < 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Estonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Grèce | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Espagne | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Finlande | < 100 | < 100 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Croatie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Irlande | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Lituanie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Lettonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Suède | < 100 | < 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 6 200 | 6 100 | 770 | 730 | 420 | 410 |

Source : EurObserv'ER



POMPES À CHALEUR

Après une hausse significative du chiffre d'affaires industriel et de l'emploi dans toute l'UE en 2022, le secteur des pompes à chaleur devrait connaître une nouvelle augmentation importante, quoique inférieure, de ces deux indicateurs en 2023. La modélisation se traduit par un chiffre d'affaires global estimé à 58,8 milliards d'euros (en hausse de 1,4 milliard d'euros par rapport à 2022) et un niveau d'emploi de 432 900 personnes (16 700 emplois supplémentaires par rapport à 2022). Il convient toutefois de souligner que, du fait des généralisations utilisées pour estimer le coût des pompes à chaleur, ce chiffre pourrait en réalité être quelque peu inférieur.

En prenant en compte ces résultats, le secteur des pompes à chaleur est la deuxième filière renouvelable la plus importante dans l'Union européenne en matière d'emploi, derrière le secteur du solaire photovoltaïque. Il convient de noter que les données de marché présentées dans ce document pour l'Italie, l'Espagne et la France ne sont pas directement comparables à celles d'autres pays, car elles incluent les pompes à chaleur dont la fonction

principale est le refroidissement, approche conforme à la directive européenne sur les énergies renouvelables. Par ailleurs, une hypothèse utilisée par le modèle pourrait produire une légère surestimation du coût global des différents types de pompes à chaleur. Ces éléments combinés pourraient conduire à une surestimation du nombre d'emplois.

La plus forte hausse dans l'estimation du nombre de personnes employées par le secteur a été observée en Allemagne (1,5 milliard d'euros et 10 100 emplois), principalement du fait de l'augmentation du nombre de pompes à chaleur installées en France en 2023 par rapport à 2022. L'Espagne (1,1 milliard d'euros

et 9 700 emplois), le Portugal (0,5 milliard d'euros et 9 200 emplois) et la Hongrie (0,27 milliard d'euros et 4 500 emplois) sont d'autres pays qui enregistrent une hausse notable de l'emploi et du chiffre d'affaires estimé.

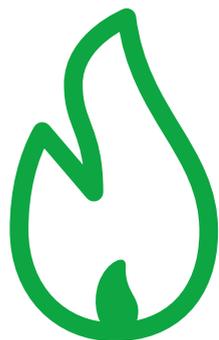
La forte augmentation de ces estimations observée pour 2023 renforce la place de numéro un de l'Italie en matière d'emploi (135 900 emplois) et de chiffre d'affaires (19,8 milliards d'euros) dans la filière des pompes à chaleur (refroidissement et chauffage). La France, l'Espagne, le Portugal et l'Allemagne restent des acteurs importants, avec plus de 30 000 personnes employées dans le secteur pour chaque pays. ■



Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Italie | 135 400 | 135 900 | 19 530 | 19 830 | 7 530 | 7 580 |
| France | 80 300 | 73 700 | 12 250 | 11 160 | 4 960 | 4 520 |
| Allemagne | 31 900 | 42 000 | 5 090 | 6 610 | 2 200 | 2 870 |
| Espagne | 32 200 | 41 900 | 3 720 | 4 840 | 1 540 | 1 990 |
| Portugal | 24 900 | 34 100 | 1 430 | 1 930 | 530 | 730 |
| Pays-Bas | 27 100 | 26 000 | 4 340 | 4 170 | 1 580 | 1 520 |
| Suède | 18 300 | 19 400 | 3 520 | 3 680 | 1 540 | 1 620 |
| Pologne | 11 700 | 10 900 | 820 | 770 | 320 | 300 |
| Finlande | 8 900 | 8 000 | 1 600 | 1 440 | 640 | 580 |
| Hongrie | 2 500 | 7 000 | 150 | 420 | 50 | 150 |
| Grèce | 6 000 | 5 900 | 630 | 610 | 240 | 230 |
| Autriche | 3 100 | 3 900 | 570 | 730 | 240 | 310 |
| Danemark | 4 200 | 3 300 | 800 | 630 | 330 | 260 |
| Malte | 3 100 | 3 200 | 250 | 260 | 100 | 100 |
| Lituanie | 4 500 | 3 000 | 200 | 130 | 100 | 70 |
| Belgique | 5 100 | 2 800 | 1 050 | 560 | 380 | 200 |
| Slovénie | 2 600 | 2 500 | 210 | 210 | 80 | 80 |
| Estonie | 2 400 | 2 200 | 180 | 170 | 60 | 60 |
| Irlande | 1 700 | 1 600 | 240 | 220 | 100 | 90 |
| Tchéquie | 4 200 | 1 400 | 350 | 120 | 120 | 40 |
| Slovaquie | 3 600 | 1 400 | 300 | 120 | 110 | 40 |
| Roumanie | 1 300 | 1 300 | 80 | 80 | 30 | 30 |
| Bulgarie | 800 | 1 100 | 40 | 60 | 10 | 20 |
| Chypre | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Croatie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | < 100 | < 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Lettonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 416 200 | 432 900 | 57 390 | 58 790 | 22 830 | 23 430 |

Source : EurObserv'ER



BIOGAZ

Après une croissance rapide de 2000 à 2010, le secteur du biogaz n'a pas poursuivi sa dynamique au cours des dix années suivantes dans les États membres de l'Union européenne. En 2023, la production d'énergie primaire issue du biogaz a légèrement baissé dans l'Union par rapport à 2022. La main-d'œuvre employée dans le biogaz a diminué, totalisant 43 900 emplois en 2023, soit

une perte de 5 400 emplois à plein temps par rapport à 2022. Le secteur a réalisé un chiffre d'affaires de 5,2 milliards d'euros, en baisse notable par rapport aux 5,8 milliards d'euros enregistrés l'année précédente. La valeur ajoutée brute a diminué dans l'Union européenne en parallèle à la baisse de chiffre d'affaires dans la filière. Les niveaux d'emploi estimés pour l'Italie, la Grèce et l'Allemagne ont

tous baissé de 1 500 à 1 600 équivalents temps plein par rapport à 2022, mais la main-d'œuvre en Allemagne reste la plus importante du secteur avec 21 600 emplois. Le chiffre d'affaires de la filière affiche également une baisse dans tous ces pays. L'Italie arrive en deuxième place, derrière l'Allemagne, avec un chiffre d'affaires de 690 millions d'euros et 6 200 emplois. ■



Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Allemagne | 23 200 | 21 600 | 3 180 | 2 960 | 1 440 | 1 340 |
| Italie | 7 700 | 6 200 | 890 | 690 | 440 | 350 |
| Pologne | 2 300 | 3 500 | 110 | 190 | 40 | 80 |
| Tchéquie | 3 600 | 3 400 | 240 | 230 | 100 | 90 |
| France | 3 500 | 2 200 | 470 | 280 | 200 | 120 |
| Espagne | 1 200 | 900 | 130 | 90 | 60 | 50 |
| Autriche | 400 | 700 | 60 | 120 | 30 | 50 |
| Finlande | 100 | 700 | 20 | 110 | 10 | 50 |
| Belgique | 400 | 400 | 110 | 100 | 40 | 40 |
| Grèce | 2 000 | 400 | 150 | 20 | 60 | 10 |
| Croatie | 500 | 400 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Hongrie | 600 | 400 | 30 | 20 | 10 | 10 |
| Pays-Bas | 500 | 400 | 80 | 70 | 30 | 30 |
| Portugal | 400 | 400 | 20 | 20 | 10 | 10 |
| Danemark | 300 | 300 | 60 | 50 | 20 | 20 |
| Lettonie | 400 | 300 | 20 | 20 | 10 | 10 |
| Suède | 100 | 300 | 10 | 40 | < 10 | 20 |
| Slovaquie | 400 | 300 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Bulgarie | 300 | 200 | 20 | 10 | 10 | 10 |
| Lituanie | 300 | 200 | 10 | 10 | 10 | < 10 |
| Chypre | 100 | 100 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Irlande | 100 | 100 | 20 | 20 | 10 | 10 |
| Roumanie | 500 | 100 | 30 | 10 | 10 | < 10 |
| Slovénie | 100 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Estonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 49 300 | 43 900 | 5 790 | 5 170 | 2 640 | 2 390 |

Source : EurObserv'ER



BIOCARBURANTS

La méthodologie utilisée pour évaluer le secteur de la biomasse couvre les activités d'approvisionnement en biomasse, c'est-à-dire la branche agricole. Le secteur européen des biocarburants a légèrement décliné en 2023 (EurObserv'ER y englobe le biodiesel, le bioéthanol et le biogaz pour les transports). Sa capacité a chuté de 3 % par rapport à l'année précédente. La consommation globale de biocarburants a baissé de 1,1 % entre 2022 et 2023. Des capacités de production substantielles de biocarburants restent inutilisées dans l'Union européenne. Selon les calculs d'EurObserv'ER, le chiffre d'affaires global généré par le secteur des biocarburants dans l'Union a chuté à 11,8 milliards d'euros en 2023 (130 millions d'euros de moins qu'en 2022) et le niveau d'emploi a baissé, passant de 145 700 à 142 400 emplois en 2023. Les biocarburants restent le cinquième plus gros créateur d'emploi dans les énergies renouvelables au sein de l'UE, derrière le solaire photovoltaïque, les pompes à chaleur, l'éolien et la biomasse solide. Il convient également de souligner que les premiers pays en matière

d'emploi ne sont pas nécessairement les plus grands consommateurs de biocarburants, comme la France et l'Allemagne. Les États membres disposant de grandes zones agricoles, comme la Roumanie, la Hongrie et la Pologne, emploient également beaucoup de personnes dans la chaîne d'approvisionnement des biocarburants. En effet, la Roumanie (20 700 emplois pour un chiffre d'affaires de 860 millions d'euros) arrive numéro un en matière d'emploi dans les biocarburants, la Pologne arrive en deuxième place (19 100 emplois pour un chiffre d'affaires de 880 millions d'euros) et la France se classe troisième (18 600 emplois pour un chiffre d'affaires de 2,23 milliards d'euros).

En revanche, la majeure partie de la création de valeur intervient dans la production, ce qui explique que le chiffre d'affaires soit si élevé dans les États membres disposant de très grosses installations de biocarburant (par exemple la France, comme précédemment indiqué, avec 2,23 milliards d'euros de chiffre d'affaires). La France associe une base agricole vitale et des capacités de production

de biocarburants importantes. L'Espagne joue également un rôle majeur dans le secteur des biocarburants. Le volume économique de l'industrie espagnole des biocarburants est estimé à environ 1,1 milliard d'euros, avec un niveau d'emploi en légère baisse qui occupe 10 600 personnes. Le chiffre d'affaires généré par les biocarburants a légèrement augmenté en Allemagne (de 1,8 milliard d'euros à 2 milliards d'euros entre 2022 et 2023), de même que le niveau d'emploi, qui a connu une hausse de 1 500 pour atteindre un total de 13 900 emplois en 2023. Il convient d'indiquer que les résultats pour les biocarburants sont affectés par les données relatives à différentes cultures, comme les oléagineux ou les plantes sucrières. Ces données n'étaient pas disponibles pour 2023 au moment de la rédaction du présent bilan, les valeurs de 2022 ont donc été reprises. Les résultats pour les biocarburants doivent donc être appréhendés en gardant cela en tête. ■

Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Roumanie | 16 900 | 20 700 | 700 | 860 | 320 | 390 |
| Pologne | 22 100 | 19 100 | 1 010 | 880 | 380 | 340 |
| France | 19 000 | 18 600 | 2 280 | 2 230 | 970 | 940 |
| Allemagne | 12 400 | 13 900 | 1 770 | 1 960 | 790 | 880 |
| Espagne | 13 100 | 10 600 | 1 300 | 1 070 | 680 | 560 |
| Hongrie | 16 100 | 9 700 | 930 | 570 | 440 | 270 |
| Lituanie | 6 900 | 8 300 | 340 | 410 | 150 | 170 |
| Suède | 7 300 | 7 800 | 450 | 480 | 200 | 200 |
| Italie | 5 700 | 5 400 | 590 | 560 | 300 | 280 |
| Bulgarie | 2 900 | 4 900 | 180 | 310 | 70 | 110 |
| Slovaquie | 4 300 | 4 700 | 350 | 390 | 160 | 170 |
| Tchéquie | 4 200 | 4 600 | 270 | 290 | 110 | 120 |
| Lettonie | 3 200 | 3 500 | 160 | 170 | 50 | 60 |
| Autriche | 2 500 | 2 800 | 380 | 430 | 170 | 190 |
| Belgique | 1 700 | 1 700 | 450 | 460 | 170 | 180 |
| Croatie | 1 500 | 1 400 | 90 | 90 | 50 | 40 |
| Pays-Bas | 1 200 | 1 200 | 270 | 270 | 110 | 110 |
| Finlande | 1 000 | 1 000 | 150 | 130 | 60 | 50 |
| Estonie | 300 | 800 | 20 | 40 | 10 | 10 |
| Irlande | 300 | 700 | 40 | 100 | 20 | 40 |
| Portugal | 300 | 400 | 40 | 40 | 10 | 10 |
| Chypre | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Danemark | < 100 | < 100 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Grèce | 2 300 | < 100 | 110 | < 10 | 60 | < 10 |
| Luxembourg | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 145 700 | 142 400 | 11 930 | 11 800 | 5 330 | 5 180 |

Source : EurObserv'ER



DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

Par définition, on admet que les déchets municipaux contiennent 50 % de matières renouvelables, car les déchets des ménages comportent une part importante d'éléments biodégradables. La production d'énergie issue des déchets est principalement basée sur l'incinération dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Ce secteur est relativement difficile à quantifier et demeure l'un des plus modestes parmi ceux des énergies renouvelables de l'Union européenne. EurObserv'ER estime son chiffre d'affaires à 2,5 milliards d'euros en 2023, avec une valeur ajoutée brute de 1,1 milliard d'euros. Avec 14 300 équivalents temps plein directs et indirects, on constate une augmentation de 1 000 emplois par rapport à 2022. Celle-ci s'explique par une hausse de la croissance de la filière en matière de production de chaleur, qui présentait une croissance inférieure l'année précédente. La plus forte augmentation du nombre d'emplois a été observée en Lituanie, qui a créé 1 000 nouveaux emplois, pour atteindre un total de 1 100 emplois. Ce gros

accroissement s'explique par la croissance de l'énergie primaire produite grâce à la chaleur, qui a pratiquement doublé en 2023. D'autres fortes augmentations ont été observées en Autriche, avec 800 emplois (+ 600), et en Espagne, avec également 800 emplois (+ 400). Des baisses significatives ont été observées au Portugal avec 200 emplois (- 400) et en Hongrie avec 100 emplois (- 300). Dans ces deux pays, la baisse s'explique principalement par la diminution de la production d'électricité à partir de déchets. D'autres reculs moins importants peuvent être observés

en Belgique, en Irlande, aux Pays-Bas et en Suède, qui ont tous enregistré une perte de 100 emplois dans leur filière déchets urbains renouvelables. Selon la modélisation d'EurObserv'ER, l'Allemagne est le premier acteur en termes de revenus, avec 750 millions d'euros de chiffre d'affaires dans le secteur en 2023 (10 millions d'euros de moins qu'en 2022). L'Italie se classe en deuxième place avec 260 millions d'euros (+ 30 millions d'euros), suivie par la Suède avec un chiffre d'affaires de 250 millions d'euros (- 20 millions d'euros). ■



Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Allemagne | 3 900 | 3 900 | 760 | 750 | 340 | 330 |
| Italie | 1 300 | 1 500 | 230 | 260 | 90 | 100 |
| France | 1 200 | 1 200 | 230 | 220 | 90 | 90 |
| Lituanie | 100 | 1 100 | 10 | 50 | < 10 | 30 |
| Suède | 1 100 | 1 000 | 270 | 250 | 130 | 120 |
| Autriche | 200 | 800 | 40 | 140 | 20 | 60 |
| Belgique | 900 | 800 | 200 | 180 | 80 | 70 |
| Espagne | 400 | 800 | 60 | 100 | 30 | 50 |
| Pays-Bas | 900 | 800 | 180 | 170 | 80 | 70 |
| Danemark | 400 | 400 | 100 | 100 | 40 | 40 |
| Finlande | 200 | 200 | 60 | 50 | 30 | 20 |
| Pologne | 100 | 200 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Portugal | 600 | 200 | 50 | 20 | 20 | 10 |
| Hongrie | 400 | 100 | 30 | 10 | 10 | < 10 |
| Irlande | 200 | 100 | 30 | 30 | 20 | 10 |
| Bulgarie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Tchéquie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Estonie | 300 | < 100 | 20 | < 10 | 10 | < 10 |
| Grèce | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Croatie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Lettonie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Roumanie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 13 300 | 14 300 | 2 390 | 2 460 | 1 120 | 1 140 |

Source : EurObserv'ER



BIOMASSE SOLIDE

Les biocarburants solides demeurent une importante filière renouvelable en termes de production énergétique et d'emploi au sein de l'Union européenne. En effet, contrairement à l'énergie éolienne, l'autre géant des énergies renouvelables, les biocarburants contribuent également de manière substantielle à la production de chaleur renouvelable. De plus, une grande part de l'activité est générée par l'approvisionnement en biomasse.

Le secteur des biocarburants solides comprend différentes technologies qui couvrent divers secteurs de consommation finale : l'énergie (cogénération biomasse, cocombustion), l'industrie (chaudières) et les ménages (chaudières et poêles à pellets). Les biocarburants solides sont non seulement utilisés sous forme de copeaux de bois et de briquettes de bois compressées, mais aussi sous de nombreuses autres formes telles que les déchets de bois, les granulés, la sciure, la paille, la bagasse, les déchets d'origine animale ainsi que les liqueurs noires de l'industrie papetière. La récupération d'énergie issue de cette matière est canalisée vers la production de chaleur.

La consommation d'énergie issue de biocarburants solides a enregistré une légère baisse dans l'Union européenne en 2023, après avoir connu une diminution similaire en 2022. Ce recul correspond à une chute de la consommation de 3,6 Mtep, pour une consommation totale de 96,6 Mtep en 2023. Elle s'observe plus précisément dans la production d'électricité à partir de biomasse solide, qui a enregistré une chute de 13,5 % (de 87,6 GWh en 2022 à 75,8 GWh en 2023). À l'inverse, une augmentation de 2,1 % a été observée dans la production de chaleur à partir de biomasse solide (de 12,2 Mtep en 2022 à 12,4 Mtep en 2023).

Ces changements ont eu un impact sur les résultats socio-économiques de la filière, avec une estimation de 265 700 personnes employées en 2023 (- 66 000 par rapport à 2022) et un chiffre d'affaires estimé à 27,7 milliards d'euros (- 8,5 milliards d'euros par rapport à 2022). Avec la montée en puissance des secteurs de l'éolien, des pompes à chaleur et du solaire photovoltaïque, la biomasse solide est passée de la 3^e à la 4^e place des plus grosses filières d'énergie renouvelable en 2023 en matière

d'indicateurs socio-économiques. L'analyse d'EurObserv'ER couvre également les activités sylvicoles et agricoles de la chaîne de valeur de la biomasse. Les États membres disposant de grandes zones forestières ont donc aussi plus de chances d'avoir recours à cette énergie renouvelable.

Concernant les pays, l'Allemagne arrive en tête en affichant désormais le chiffre d'affaires le plus élevé dans les biocarburants solides (4,1 milliards d'euros), mais recule dans le même temps à la deuxième place sur le front de l'emploi avec 29 800 emplois dans la filière, en forte baisse par rapport à 2022 (- 10 500 emplois). En matière d'emploi, la France (26 400 emplois) et la Suède (19 900 emplois) se classent en 3^e et 4^e positions, avec un chiffre d'affaires respectif de 4,1 milliards d'euros et de 4 milliards d'euros. En matière d'emploi, la Pologne, l'un des pays les plus agricoles de l'UE, fait travailler 40 400 personnes, alors que le chiffre d'affaires du secteur est significativement inférieur à celui des pays précités (1,7 milliard d'euros). La différence de ratios entre emploi et chiffres d'affaires est due à la façon de modéliser les différents types d'activités. ■

Emploi et chiffre d'affaires

| | Emplois (directs et indirects) | | Chiffre d'affaires (en M€) | | Valeur ajoutée brute directe (en M€) | |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| Pologne | 33 400 | 40 400 | 1 350 | 1 720 | 590 | 750 |
| Allemagne | 40 300 | 29 800 | 5 650 | 4 140 | 2 980 | 2 280 |
| France | 30 500 | 26 400 | 4 620 | 4 070 | 2 120 | 1 920 |
| Suède | 29 600 | 19 900 | 5 840 | 4 030 | 2 490 | 1 690 |
| Italie | 23 600 | 15 200 | 2 160 | 910 | 1 080 | 600 |
| Lettonie | 15 000 | 15 000 | 760 | 770 | 290 | 290 |
| Espagne | 26 400 | 13 300 | 2 060 | 740 | 930 | 380 |
| Finlande | 14 300 | 13 200 | 3 660 | 3 480 | 2 310 | 2 270 |
| Bulgarie | 6 100 | 12 100 | 250 | 540 | 100 | 200 |
| Lituanie | 7 900 | 11 600 | 270 | 420 | 130 | 200 |
| Tchéquie | 16 400 | 9 700 | 990 | 540 | 360 | 200 |
| Autriche | 9 800 | 8 500 | 2 080 | 1 830 | 950 | 840 |
| Hongrie | 12 300 | 6 900 | 500 | 210 | 190 | 90 |
| Croatie | 10 100 | 6 800 | 370 | 220 | 180 | 120 |
| Estonie | 7 700 | 6 400 | 750 | 630 | 290 | 240 |
| Portugal | 13 300 | 5 800 | 1 040 | 560 | 560 | 330 |
| Slovaquie | 7 600 | 5 600 | 500 | 350 | 230 | 170 |
| Roumanie | 10 000 | 4 800 | 520 | 230 | 220 | 100 |
| Danemark | 5 400 | 4 400 | 880 | 700 | 360 | 290 |
| Pays-Bas | 6 200 | 4 400 | 890 | 630 | 430 | 310 |
| Belgique | 2 400 | 1 400 | 690 | 600 | 230 | 170 |
| Grèce | 600 | 1 400 | 70 | 130 | 30 | 50 |
| Slovénie | 900 | 1 300 | 80 | 110 | 40 | 50 |
| Irlande | 1 600 | 1 100 | 140 | 100 | 60 | 40 |
| Chypre | 100 | 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | 100 | 100 | 20 | 30 | 10 | 10 |
| Malte | < 100 | < 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 331 700 | 265 700 | 36 160 | 27 710 | 17 180 | 13 610 |

Source : EurObserv'ER

CONCLUSION

L'équipe d'EurObserv'ER utilise une approche de modélisation permettant d'estimer l'emploi généré par les investissements renouvelables, les activités d'exploitation-maintenance ainsi que la production et le commerce d'équipements et l'approvisionnement en biomasse. Les estimations de l'emploi et du chiffre d'affaires reposent sur une évaluation de l'activité économique de chaque secteur renouvelable couvert, activité qui est ensuite convertie en équivalents temps plein (ETP). Le chapitre sur les indicateurs socio-économiques peut se résumer par les tendances suivantes.

EMPLOI

- Globalement, on peut estimer que 1,86 million de personnes sont directement ou indirectement employées dans le secteur des énergies renouvelables de l'Union européenne. Cela représente une augmentation brute de 229 500 emplois (14 %) entre 2022 et 2023.
- 22 des 27 États membres ont augmenté ou maintenu leurs effectifs dans les énergies renouvelables.
- Les 5 premiers pays en termes d'emploi sont : l'Allemagne (356 400 emplois, 19 % des emplois de l'UE dans les énergies renouvelables), l'Espagne (230 100 emplois, 12 %), l'Italie (228 900 emplois, 12 %) la France (205 700 emplois, 11 %) et la Pologne (143 000 emplois, 8 %).

- Les plus fortes croissances estimées de l'emploi ont été observées en Espagne (+ 73 900 nouveaux emplois, soit + 47 % presque uniquement du fait de la croissance du solaire photovoltaïque), en Allemagne (+ 63 600 emplois, soit + 22 %) et aux Pays-Bas (+ 27 800 emplois, soit + 36 %). Les plus fortes baisses ont été observées en Tchéquie (- 11 700 emplois, soit - 31 %), en Suède (- 7 600 emplois, soit - 9 %) et en Hongrie (- 5 800 emplois, soit - 11 %).
- Le secteur du solaire photovoltaïque (560 300 emplois, 30 % du total de l'UE) a décroché le titre de premier employeur, devant les pompes à chaleur (432 900 emplois, 23 %) et l'éolien (333 800 emplois, 18 %). La plus forte hausse de l'emploi a été enregistrée dans le secteur du solaire photovoltaïque, avec 213 400 emplois supplémentaires (+ 62 %), suivi de l'éolien, qui a vu la création de 60 300 emplois (+ 22 %). Des augmentations ont également été enregistrées dans l'hydroélectricité, les pompes à chaleur et les déchets urbains renouvelables. Les hausses compensent les baisses enregistrées dans la biomasse solide, les biocarburants, le biogaz, le solaire thermique et la géothermie.

CHIFFRE D'AFFAIRES

- Le chiffre d'affaires total des filières liées aux énergies renouvelables dans les 27 États membres de l'UE s'élevait en 2023 à 233 milliards d'euros, ce qui représente une croissance brute d'environ 27,5 milliards d'euros par rapport à 2022 (+ 13 %).
- 22 des 27 États membres de l'UE ont augmenté ou maintenu leur chiffre d'affaires généré par les énergies renouvelables.
- Les 5 premiers pays en termes de chiffre d'affaires sont l'Allemagne (54,6 milliards d'euros), l'Italie (31,5 milliards d'euros), la France (30,9 milliards d'euros), l'Espagne (25,3 milliards d'euros) et les Pays-Bas (16,2 milliards d'euros). Ces pays sont aussi ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées brutes, la France et l'Italie ayant échangé leurs places pour occuper respectivement la 2^e et la 3^e positions, derrière l'Allemagne.
- Les plus fortes hausses de chiffre d'affaires, selon la modélisation d'EurObserv'ER, ont été observées en Allemagne (+ 9,6 milliards d'euros), en Espagne (+ 8 milliards d'euros) et aux Pays-Bas (+ 4,1 milliards d'euros). Les plus fortes baisses ont été enregistrées en Suède (- 1,5 milliard d'euros) et en République tchèque (- 0,8 milliard d'euros).

- Les principales filières renouvelables en termes de chiffre d'affaires sont le solaire photovoltaïque avec 66,3 milliards d'euros, suivi des pompes à chaleur avec 58,8 milliards d'euros et de l'éolien avec 51,4 milliards d'euros. Ces secteurs sont aussi ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées brutes : 27,8 milliards d'euros pour le solaire photovoltaïque, 23,4 milliards d'euros pour les pompes à chaleur et 22 milliards d'euros pour l'éolien. ■

EMPLOIS 2022

| | Total pays | Pompes à chaleur | Photovoltaïque | Biomasse solide | Éolien | Biocarburants | Biogaz | Solaire thermique | Hydroélectricité | Déchets renouvelables | Géothermie |
|--------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|-------------------|------------------|-----------------------|--------------|
| Allemagne | 292 800 | 31 900 | 87 100 | 40 300 | 85 600 | 12 400 | 23 200 | 6 500 | 1 500 | 3 900 | 400 |
| Italie | 216 000 | 135 400 | 26 500 | 23 600 | 9 100 | 5 700 | 7 700 | 1 800 | 3 700 | 1 300 | 1 200 |
| France | 198 000 | 80 300 | 20 500 | 30 500 | 36 500 | 19 000 | 3 500 | 1 400 | 3 900 | 1 200 | 1 200 |
| Espagne | 156 200 | 32 200 | 36 300 | 26 400 | 37 100 | 13 100 | 1 200 | 6 000 | 3 400 | 400 | < 100 |
| Pologne | 130 200 | 11 700 | 44 100 | 33 400 | 13 700 | 22 100 | 2 300 | 2 000 | 400 | 100 | 400 |
| Suède | 80 300 | 18 300 | 4 900 | 29 600 | 16 800 | 7 300 | 100 | 100 | 2 000 | 1 100 | < 100 |
| Pays-Bas | 77 800 | 27 100 | 30 000 | 6 200 | 11 400 | 1 200 | 500 | 100 | < 100 | 900 | 300 |
| Portugal | 58 600 | 24 900 | 12 000 | 13 300 | 4 200 | 300 | 400 | 700 | 2 000 | 600 | 200 |
| Hongrie | 52 900 | 2 500 | 19 500 | 12 300 | 800 | 16 100 | 600 | 100 | < 100 | 400 | 500 |
| Danemark | 44 000 | 4 200 | 10 500 | 5 400 | 22 600 | < 100 | 300 | 300 | < 100 | 400 | < 100 |
| Finlande | 42 400 | 8 900 | 3 500 | 14 300 | 13 800 | 1 000 | 100 | < 100 | 400 | 200 | < 100 |
| Tchéquie | 37 800 | 4 200 | 7 700 | 16 400 | 800 | 4 200 | 3 600 | 200 | 500 | < 100 | < 100 |
| Roumanie | 35 200 | 1 300 | 2 900 | 10 000 | 2 200 | 16 900 | 500 | < 100 | 1 100 | < 100 | 100 |
| Grèce | 29 900 | 6 000 | 12 700 | 600 | 2 500 | 2 300 | 2 000 | 2 900 | 700 | < 100 | < 100 |
| Lituanie | 29 700 | 4 500 | 5 100 | 7 900 | 4 400 | 6 900 | 300 | < 100 | 300 | 100 | < 100 |
| Autriche | 29 000 | 3 100 | 6 600 | 9 800 | 2 600 | 2 500 | 400 | 1 800 | 1 900 | 200 | 100 |
| Bulgarie | 20 700 | 800 | 7 600 | 6 100 | 600 | 2 900 | 300 | 1 400 | 800 | < 100 | < 100 |
| Lettonie | 20 700 | < 100 | 500 | 15 000 | 700 | 3 200 | 400 | < 100 | 500 | < 100 | < 100 |
| Belgique | 17 100 | 5 100 | 2 200 | 2 400 | 4 000 | 1 700 | 400 | 100 | 200 | 900 | < 100 |
| Slovaquie | 17 000 | 3 600 | 200 | 7 600 | < 100 | 4 300 | 400 | 100 | 500 | < 100 | < 100 |
| Croatie | 14 600 | < 100 | 1 000 | 10 100 | 600 | 1 500 | 500 | 100 | 500 | < 100 | < 100 |
| Estonie | 12 900 | 2 400 | 1 600 | 7 700 | 200 | 300 | < 100 | < 100 | < 100 | 300 | < 100 |
| Irlande | 7 300 | 1 700 | 300 | 1 600 | 2 800 | 300 | 100 | < 100 | 100 | 200 | < 100 |
| Slovénie | 6 700 | 2 600 | 2 200 | 900 | < 100 | < 100 | 100 | < 100 | 400 | < 100 | < 100 |
| Malte | 4 000 | 3 100 | 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 |
| Chypre | 2 000 | < 100 | 1 000 | 100 | 100 | < 100 | 100 | 200 | < 100 | < 100 | < 100 |
| Luxembourg | 1 300 | < 100 | 300 | 100 | 100 | < 100 | 100 | < 100 | 200 | < 100 | < 100 |
| Total UE 27 | 1 635 100 | 416 200 | 346 900 | 331 700 | 273 500 | 145 700 | 49 300 | 26 700 | 25 600 | 13 300 | 6 200 |

Source: EurObserv'ER

EMPLOIS 2023

| | Total pays | Photovoltaïque | Pompes à chaleur | Éolien | Biomasse solide | Biocarburants | Biogaz | Hydroélectricité | Solaire thermique | Déchets renouvelables | Géothermie |
|--------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|------------------|-------------------|-----------------------|--------------|
| Allemagne | 356 400 | 139 800 | 42 000 | 97 900 | 29 800 | 13 900 | 21 600 | 4 300 | 2 800 | 3 900 | 400 |
| Espagne | 230 100 | 110 100 | 41 900 | 43 000 | 13 300 | 10 600 | 900 | 3 500 | 5 900 | 800 | < 100 |
| Italie | 228 900 | 47 800 | 135 900 | 9 400 | 15 200 | 5 400 | 6 200 | 5 200 | 1 300 | 1 500 | 1 000 |
| France | 205 700 | 27 700 | 73 700 | 40 200 | 26 400 | 18 600 | 2 200 | 11 400 | 3 400 | 1 200 | 900 |
| Pologne | 143 000 | 49 700 | 10 900 | 17 100 | 40 400 | 19 100 | 3 500 | 600 | 1 300 | 200 | 200 |
| Pays-Bas | 105 600 | 33 800 | 26 000 | 38 400 | 4 400 | 1 200 | 400 | < 100 | 100 | 800 | 400 |
| Suède | 72 700 | 9 400 | 19 400 | 12 600 | 19 900 | 7 800 | 300 | 2 100 | 100 | 1 000 | < 100 |
| Portugal | 69 500 | 17 700 | 34 100 | 6 700 | 5 800 | 400 | 400 | 3 400 | 700 | 200 | 100 |
| Hongrie | 47 100 | 20 700 | 7 000 | 1 200 | 6 900 | 9 700 | 400 | < 100 | 100 | 100 | 900 |
| Danemark | 44 100 | 7 300 | 3 300 | 27 700 | 4 400 | < 100 | 300 | < 100 | 400 | 400 | < 100 |
| Lituanie | 39 600 | 9 100 | 3 000 | 5 800 | 11 600 | 8 300 | 200 | 300 | < 100 | 1 100 | < 100 |
| Bulgarie | 39 400 | 18 100 | 1 100 | 600 | 12 100 | 4 900 | 200 | 800 | 1 400 | < 100 | < 100 |
| Roumanie | 39 200 | 7 000 | 1 300 | 3 100 | 4 800 | 20 700 | 100 | 1 700 | 100 | < 100 | 300 |
| Finlande | 38 400 | 6 300 | 8 000 | 8 400 | 13 200 | 1 000 | 700 | 400 | < 100 | 200 | < 100 |
| Autriche | 33 600 | 9 700 | 3 900 | 3 100 | 8 500 | 2 800 | 700 | 2 700 | 1 300 | 800 | 100 |
| Grèce | 31 200 | 12 200 | 5 900 | 7 000 | 1 400 | < 100 | 400 | 800 | 3 200 | < 100 | < 100 |
| Tchéquie | 26 100 | 4 700 | 1 400 | 1 200 | 9 700 | 4 600 | 3 400 | 700 | 200 | < 100 | < 100 |
| Lettonie | 22 500 | 2 700 | < 100 | 100 | 15 000 | 3 500 | 300 | 500 | < 100 | < 100 | < 100 |
| Belgique | 21 800 | 11 100 | 2 800 | 3 200 | 1 400 | 1 700 | 400 | 200 | 100 | 800 | < 100 |
| Croatie | 16 200 | 3 600 | < 100 | 2 500 | 6 800 | 1 400 | 400 | 1 100 | 100 | < 100 | < 100 |
| Estonie | 14 900 | 4 100 | 2 200 | 900 | 6 400 | 800 | < 100 | 100 | < 100 | < 100 | < 100 |
| Slovaquie | 13 800 | 900 | 1 400 | < 100 | 5 600 | 4 700 | 300 | 500 | 100 | < 100 | < 100 |
| Irlande | 8 700 | 1 800 | 1 600 | 3 000 | 1 100 | 700 | 100 | 100 | < 100 | 100 | < 100 |
| Slovénie | 8 200 | 3 300 | 2 500 | < 100 | 1 300 | < 100 | 100 | 500 | < 100 | < 100 | 100 |
| Malte | 4 200 | 200 | 3 200 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 | < 100 |
| Chypre | 2 000 | 1 000 | < 100 | 100 | 100 | < 100 | 100 | < 100 | 200 | < 100 | < 100 |
| Luxembourg | 1 700 | 500 | < 100 | 300 | 100 | < 100 | < 100 | 200 | < 100 | < 100 | < 100 |
| Total UE 27 | 1 864 600 | 560 300 | 432 900 | 333 800 | 265 700 | 142 400 | 43 900 | 41 600 | 23 600 | 14 300 | 6 100 |

Source : EurObserv'ER

CHIFFRE D'AFFAIRES 2022 (EN M€)

| | Total pays | Pompes à chaleur | Éolien | Photovoltaïque | Biomasse solide | Biocarburants | Biogaz | Solaire thermique | Hydroélectricité | Déchets renouvelables | Géothermie |
|--------------------|----------------|------------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------|
| Allemagne | 44 960 | 5 090 | 14 180 | 13 070 | 5 650 | 1 770 | 3 180 | 960 | 240 | 760 | 60 |
| France | 29 660 | 12 250 | 5 910 | 2 930 | 4 620 | 2 280 | 470 | 210 | 570 | 230 | 190 |
| Italie | 29 550 | 19 530 | 1 470 | 3 740 | 2 160 | 590 | 890 | 240 | 520 | 230 | 180 |
| Espagne | 17 380 | 3 720 | 4 970 | 3 830 | 2 060 | 1 300 | 130 | 900 | 400 | 60 | < 10 |
| Suède | 14 550 | 3 520 | 3 220 | 850 | 5 840 | 450 | 10 | 10 | 370 | 270 | 10 |
| Pays-Bas | 12 020 | 4 340 | 1 840 | 4 340 | 890 | 270 | 80 | 10 | < 10 | 180 | 60 |
| Danemark | 8 960 | 800 | 5 030 | 2 000 | 880 | 10 | 60 | 60 | < 10 | 100 | 10 |
| Finlande | 8 630 | 1 600 | 2 360 | 690 | 3 660 | 150 | 20 | 10 | 70 | 60 | < 10 |
| Pologne | 7 660 | 820 | 1 050 | 3 100 | 1 350 | 1 010 | 110 | 140 | 40 | 10 | 30 |
| Autriche | 5 500 | 570 | 490 | 1 170 | 2 080 | 380 | 60 | 340 | 350 | 40 | 20 |
| Belgique | 3 840 | 1 050 | 860 | 430 | 690 | 450 | 110 | 10 | 30 | 200 | < 10 |
| Portugal | 3 760 | 1 430 | 380 | 640 | 1 040 | 40 | 20 | 30 | 120 | 50 | 10 |
| Hongrie | 2 850 | 150 | 60 | 1 100 | 500 | 930 | 30 | < 10 | < 10 | 30 | 30 |
| Grèce | 2 620 | 630 | 290 | 1 030 | 70 | 110 | 150 | 260 | 60 | < 10 | < 10 |
| Tchéquie | 2 550 | 350 | 70 | 560 | 990 | 270 | 240 | 10 | 40 | < 10 | < 10 |
| Roumanie | 1 840 | 80 | 190 | 200 | 520 | 700 | 30 | < 10 | 90 | < 10 | 10 |
| Slovaquie | 1 290 | 300 | < 10 | 20 | 500 | 350 | 40 | 10 | 40 | < 10 | < 10 |
| Lituanie | 1 280 | 200 | 200 | 220 | 270 | 340 | 10 | < 10 | 10 | 10 | < 10 |
| Estonie | 1 150 | 180 | 20 | 120 | 750 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 | 20 | < 10 |
| Lettonie | 1 080 | < 10 | 40 | 30 | 760 | 160 | 20 | < 10 | 30 | < 10 | < 10 |
| Bulgarie | 1 050 | 40 | 40 | 380 | 250 | 180 | 20 | 70 | 50 | < 10 | < 10 |
| Irlande | 1 020 | 240 | 480 | 40 | 140 | 40 | 20 | 10 | 10 | 30 | < 10 |
| Croatie | 680 | < 10 | 50 | 60 | 370 | 90 | 40 | 10 | 30 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | 540 | 210 | < 10 | 160 | 80 | < 10 | 10 | < 10 | 30 | < 10 | < 10 |
| Malte | 340 | 250 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | 190 | < 10 | 10 | 90 | < 10 | < 10 | 10 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | 170 | 10 | 20 | 40 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 | 30 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 205 120 | 57 390 | 43 260 | 40 850 | 36 160 | 11 930 | 5 790 | 3 390 | 3 190 | 2 390 | 770 |

Source: EurObserv'ER

CHIFFRE D'AFFAIRES 2023 (EN M€)

| | Total pays | Photovoltaïque | Pompes à chaleur | Éolien | Biomasse solide | Biocarburants | Hydroélectricité | Biogaz | Solaire thermique | Déchets renouvelables | Géothermie |
|--------------------|----------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------------|------------|
| Allemagne | 54 560 | 20 900 | 6 610 | 16 140 | 4 140 | 1 960 | 660 | 2 960 | 370 | 750 | 70 |
| Italie | 31 530 | 6 670 | 19 830 | 1 530 | 910 | 560 | 750 | 690 | 180 | 260 | 150 |
| France | 30 920 | 3 940 | 11 160 | 6 710 | 4 070 | 2 230 | 1 650 | 280 | 530 | 220 | 130 |
| Espagne | 25 350 | 11 470 | 4 840 | 5 720 | 740 | 1 070 | 420 | 90 | 890 | 100 | < 10 |
| Pays-Bas | 16 160 | 4 910 | 4 170 | 5 850 | 630 | 270 | < 10 | 70 | 10 | 170 | 70 |
| Suède | 13 050 | 1 640 | 3 680 | 2 520 | 4 030 | 480 | 390 | 40 | 10 | 250 | 10 |
| Danemark | 9 160 | 1 510 | 630 | 6 070 | 700 | < 10 | < 10 | 50 | 70 | 100 | 10 |
| Pologne | 8 530 | 3 510 | 770 | 1 300 | 1 720 | 880 | 40 | 190 | 90 | 10 | 20 |
| Finlande | 8 040 | 1 230 | 1 440 | 1 510 | 3 480 | 130 | 70 | 110 | < 10 | 50 | 10 |
| Autriche | 6 290 | 1 710 | 730 | 570 | 1 830 | 430 | 500 | 120 | 240 | 140 | 20 |
| Belgique | 4 800 | 2 150 | 560 | 690 | 600 | 460 | 30 | 100 | 20 | 180 | 10 |
| Portugal | 4 300 | 950 | 1 930 | 540 | 560 | 40 | 200 | 20 | 30 | 20 | 10 |
| Grèce | 2 810 | 990 | 610 | 670 | 130 | < 10 | 70 | 20 | 290 | < 10 | < 10 |
| Hongrie | 2 570 | 1 180 | 420 | 80 | 210 | 570 | < 10 | 20 | 10 | 10 | 60 |
| Roumanie | 2 100 | 490 | 80 | 250 | 230 | 860 | 140 | 10 | 10 | < 10 | 20 |
| Bulgarie | 2 020 | 920 | 60 | 40 | 540 | 310 | 50 | 10 | 70 | < 10 | < 10 |
| Tchéquie | 1 740 | 380 | 120 | 100 | 540 | 290 | 50 | 230 | 10 | < 10 | < 10 |
| Lituanie | 1 700 | 380 | 130 | 270 | 420 | 410 | 10 | 10 | < 10 | 50 | < 10 |
| Estonie | 1 260 | 300 | 170 | 70 | 630 | 40 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Irlande | 1 260 | 250 | 220 | 510 | 100 | 100 | 10 | 20 | 10 | 30 | < 10 |
| Lettonie | 1 190 | 150 | < 10 | 10 | 770 | 170 | 30 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | 1 040 | 70 | 120 | < 10 | 350 | 390 | 40 | 30 | 10 | < 10 | < 10 |
| Croatie | 810 | 200 | < 10 | 160 | 220 | 90 | 70 | 30 | 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | 670 | 250 | 210 | < 10 | 110 | < 10 | 40 | 10 | < 10 | < 10 | 10 |
| Malte | 360 | 20 | 260 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | 250 | 80 | 10 | 50 | 30 | < 10 | 30 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | 190 | 90 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 20 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 232 660 | 66 340 | 58 790 | 51 400 | 27 710 | 11 800 | 5 310 | 5 170 | 2 950 | 2 460 | 730 |

Source : EurObserv'ER

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2022 (EN M€)

| | Total pays | Pompes à chaleur | Éolien | Biomasse solide | Photovoltaïque | Biocarburants | Biogaz | Solaire thermique | Hydroélectricité | Déchets renouvelables | Géothermie |
|--------------------|---------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------|
| Allemagne | 20 340 | 2 200 | 6 220 | 2 980 | 5 810 | 790 | 1 440 | 420 | 110 | 340 | 30 |
| France | 12 310 | 4 960 | 2 400 | 2 120 | 1 200 | 970 | 200 | 80 | 220 | 90 | 70 |
| Italie | 11 880 | 7 530 | 620 | 1 080 | 1 460 | 300 | 440 | 90 | 200 | 90 | 70 |
| Espagne | 7 650 | 1 540 | 2 120 | 930 | 1 670 | 680 | 60 | 430 | 180 | 30 | < 10 |
| Suède | 6 580 | 1 540 | 1 620 | 2 490 | 400 | 200 | < 10 | < 10 | 170 | 130 | < 10 |
| Pays-Bas | 4 670 | 1 580 | 760 | 430 | 1 640 | 110 | 30 | < 10 | < 10 | 80 | 20 |
| Finlande | 4 390 | 640 | 1 020 | 2 310 | 270 | 60 | 10 | < 10 | 30 | 30 | < 10 |
| Danemark | 3 600 | 330 | 1 990 | 360 | 810 | < 10 | 20 | 20 | < 10 | 40 | < 10 |
| Pologne | 3 130 | 320 | 460 | 590 | 1 260 | 380 | 40 | 50 | 10 | 10 | 10 |
| Autriche | 2 410 | 240 | 210 | 950 | 500 | 170 | 30 | 150 | 130 | 20 | 10 |
| Portugal | 1 600 | 530 | 160 | 560 | 250 | 10 | 10 | 10 | 40 | 20 | < 10 |
| Belgique | 1 410 | 380 | 330 | 230 | 150 | 170 | 40 | < 10 | 10 | 80 | < 10 |
| Hongrie | 1 210 | 50 | 20 | 190 | 460 | 440 | 10 | < 10 | < 10 | 10 | 10 |
| Grèce | 1 070 | 240 | 140 | 30 | 410 | 60 | 60 | 90 | 20 | < 10 | < 10 |
| Tchéquie | 960 | 120 | 30 | 360 | 200 | 110 | 100 | 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Roumanie | 790 | 30 | 80 | 220 | 70 | 320 | 10 | < 10 | 30 | < 10 | < 10 |
| Lituanie | 640 | 100 | 100 | 130 | 110 | 150 | 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | 580 | 110 | < 10 | 230 | 10 | 160 | 20 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Estonie | 460 | 60 | 10 | 290 | 40 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 |
| Irlande | 460 | 100 | 200 | 60 | 20 | 20 | 10 | < 10 | < 10 | 20 | < 10 |
| Lettonie | 420 | < 10 | 10 | 290 | 10 | 50 | 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Bulgarie | 410 | 10 | 20 | 100 | 140 | 70 | 10 | 20 | 20 | < 10 | < 10 |
| Croatie | 340 | < 10 | 20 | 180 | 20 | 50 | 20 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | 250 | 80 | < 10 | 40 | 60 | < 10 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | 190 | 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | 120 | < 10 | < 10 | < 10 | 30 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | 110 | < 10 | 10 | 10 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 87 980 | 22 830 | 18 590 | 17 180 | 17 030 | 5 330 | 2 640 | 1 530 | 1 310 | 1 120 | 420 |

Source: EurObserv'ER

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2023 (EN M€)

| | Total pays | Photovoltaïque | Pompes à chaleur | Éolien | Biomasse solide | Biocarburants | Biogaz | Hydroélectricité | Solaire thermique | Déchets renouvelables | Géothermie |
|--------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------------|------------|
| Allemagne | 24 560 | 9 290 | 2 870 | 7 080 | 2 280 | 880 | 1 340 | 290 | 170 | 330 | 30 |
| France | 12 840 | 1 620 | 4 520 | 2 690 | 1 920 | 940 | 120 | 680 | 210 | 90 | 50 |
| Italie | 12 600 | 2 630 | 7 580 | 640 | 600 | 280 | 350 | 290 | 70 | 100 | 60 |
| Espagne | 11 070 | 5 010 | 1 990 | 2 420 | 380 | 560 | 50 | 180 | 420 | 50 | < 10 |
| Pays-Bas | 6 430 | 1 850 | 1 520 | 2 490 | 310 | 110 | 30 | < 10 | < 10 | 70 | 30 |
| Suède | 5 910 | 760 | 1 620 | 1 290 | 1 690 | 200 | 20 | 190 | < 10 | 120 | < 10 |
| Finlande | 4 160 | 480 | 580 | 660 | 2 270 | 50 | 50 | 30 | < 10 | 20 | < 10 |
| Danemark | 3 700 | 600 | 260 | 2 430 | 290 | < 10 | 20 | < 10 | 30 | 40 | < 10 |
| Pologne | 3 530 | 1 420 | 300 | 570 | 750 | 340 | 80 | 20 | 30 | 10 | 10 |
| Autriche | 2 730 | 730 | 310 | 240 | 840 | 190 | 50 | 200 | 100 | 60 | 10 |
| Portugal | 1 770 | 370 | 730 | 220 | 330 | 10 | 10 | 70 | 10 | 10 | < 10 |
| Belgique | 1 730 | 770 | 200 | 270 | 170 | 180 | 40 | 10 | 10 | 70 | < 10 |
| Grèce | 1 150 | 390 | 230 | 300 | 50 | < 10 | 10 | 30 | 110 | < 10 | < 10 |
| Hongrie | 1 080 | 480 | 150 | 30 | 90 | 270 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 20 |
| Roumanie | 910 | 190 | 30 | 110 | 100 | 390 | < 10 | 50 | < 10 | < 10 | 10 |
| Lituanie | 850 | 200 | 70 | 140 | 200 | 170 | < 10 | 10 | < 10 | 30 | < 10 |
| Bulgarie | 750 | 330 | 20 | 20 | 200 | 110 | 10 | 20 | 20 | < 10 | < 10 |
| Tchéquie | 670 | 130 | 40 | 40 | 200 | 120 | 90 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Irlande | 530 | 100 | 90 | 210 | 40 | 40 | 10 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 |
| Estonie | 500 | 110 | 60 | 30 | 240 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Lettonie | 470 | 50 | < 10 | < 10 | 290 | 60 | 10 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovaquie | 470 | 30 | 40 | < 10 | 170 | 170 | 10 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Croatie | 390 | 80 | < 10 | 70 | 120 | 40 | 10 | 30 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Slovénie | 310 | 100 | 80 | < 10 | 50 | < 10 | < 10 | 20 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Malte | 190 | 10 | 100 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Luxembourg | 130 | 30 | < 10 | 20 | 10 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| Chypre | 120 | 30 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 10 | < 10 | < 10 |
| Total UE 27 | 99 550 | 27 790 | 23 430 | 22 020 | 13 610 | 5 180 | 2 390 | 2 240 | 1 340 | 1 140 | 410 |

Source: EurObserv'ER

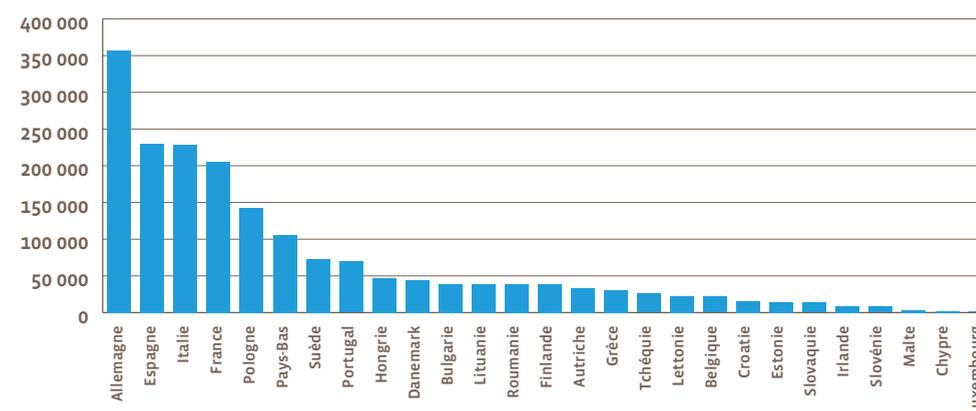
LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET SON INFLUENCE SUR LE SECTEUR DES COMBUSTIBLES FOSSILES

Le déploiement des technologies d'énergie renouvelable peut avoir un impact sur l'activité économique dans d'autres secteurs, notamment dans la production d'énergie à partir de combustibles fossiles. Dans cette section, EurObserv'ER estime de manière indicative cet effet de substitution, en évaluant le nombre d'emplois qui seraient nécessaires dans le secteur des combustibles fossiles si la production d'énergie renouvelable n'avait pas remplacé l'énergie fossile. Le déplacement est formulé en termes de demande d'énergie finale substituée. Nous insistons sur le fait qu'il ne s'agit là que d'une couverture partielle de l'interaction réelle plus complexe entre les secteurs des énergies renouvelables et des combustibles fossiles. Cette édition 2024 de « L'état des énergies renouvelables en Europe » couvre l'indicateur de l'emploi fossile équivalent remplacé pour tous les États membres de l'Union européenne, pour l'année 2023. L'effet est estimé pour les six sous-secteurs suivants : production d'électricité, exploitation minière, pétrole pour la production d'électricité, raffinage, production de chaleur et extraction et fourniture de pétrole brut et de gaz fossile. L'évaluation a été réalisée en termes d'emplois directs uniquement. Notre approche ne couvre que les effets sur les activités d'exploitation et de maintenance (O&M) et de production de combustibles (les effets sur l'O&M sont supposés être proportionnels à la production déplacée). Il ne s'agit pas de dresser ici un tableau exhaustif, et de ce fait l'indicateur de l'emploi déplacé ne donne pas l'éventail complet des répercussions. Les

graphiques montrent que les incidences dans le secteur des combustibles fossiles varient énormément selon les États membres. L'impact relatif sur le secteur des combustibles fossiles, comparé à l'emploi brut dans le secteur des énergies renouvelables, est par exemple d'une nature totalement différente en Hongrie et en Roumanie. Cela s'explique par la différence de composition du secteur des combustibles fossiles et par le type de technologie renouvelable déployé. Les pays qui ont des activités d'extraction du charbon sont plus sensibles à l'influence du développement des énergies renouvelables que les pays qui importent du charbon pour la production d'électricité. Cela a été décrit dans le rapport du JRC « EU coal regions: opportunities and challenges ahead ». Dans notre méthodologie, l'emploi affecté par la réduction de l'utilisation du gaz naturel dans l'extraction, la conversion et le transport du gaz naturel est supposé proche de zéro, tandis que dans le secteur de l'électricité, l'impact est plus important. Le type de technologie renouvelable déployé est également un facteur important. Les technologies qui utilisent des matières premières (biogaz, biomasse solide, biocarburants et déchets solides municipaux) génèrent un nombre relativement élevé d'emplois par MW. Par conséquent, le développement de l'emploi dans la production de matières premières pour ces technologies renouvelables a un impact proportionnellement plus faible sur le secteur des combustibles fossiles que le développement, par exemple, de l'industrie éolienne. ■

1

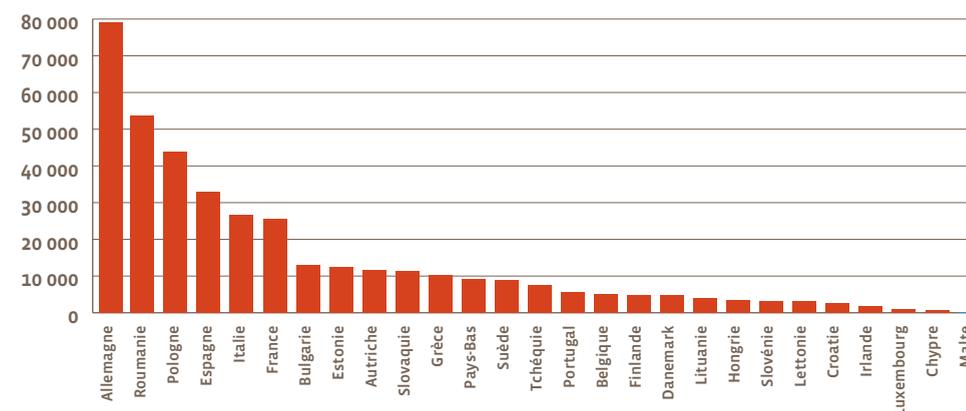
Emplois dans les énergies renouvelables tels que reportés dans les tableaux précédents (données pour 2023)



Source : EurObserv'ER

2

Indicateur de l'emploi déplacé du secteur des énergies fossiles vers les renouvelables, en prenant uniquement en compte les activités d'exploitation-maintenance et de production de combustibles



Source : EurObserv'ER

INDICATEURS D'INVESTISSEMENT

Dans le présent chapitre, EurObserv'ER propose des indicateurs relatifs au financement des énergies renouvelables. Ils couvrent les investissements dans l'application de technologies renouvelables (par exemple la construction de centrales électriques), à savoir le financement d'actifs dans la construction de nouvelles capacités de production pour toutes les filières renouvelables, dans l'ensemble des États membres de l'UE. Les indicateurs d'investissement d'EurObserv'ER mettent l'accent sur l'investissement dans les capacités de production d'énergie renouvelable, à savoir dans les centrales électriques renouvelables (financement d'actifs). Ainsi, nous présentons une vue d'ensemble des investissements dans les capacités de production à travers les différents secteurs des énergies renouvelables, dans les États membres de l'Union européenne. En outre, les coûts moyens d'investissement par mégawatt de capacité de production sont calculés pour l'UE.

Les données de financement d'actifs sont dérivées de différentes sources, notamment les bureaux nationaux de statistique, Eurostat, le programme portant sur les systèmes d'alimentation photovoltaïques (PVPS) de l'Agence internationale de l'énergie (IEA), WindEurope et les rapports de Bloomberg. Il convient de noter que les données relatives au financement d'actifs contenues dans la présente édition ne peuvent être comparées à celles des éditions précédentes, car les sources des données ont changé en raison du nombre limité de ressources. Celles utilisées dans le présent baromètre couvrent les informations d'investissement dans des centrales d'énergie renouvelable de l'échelle résidentielle à industrielle, tandis que les précédents baromètres ne couvraient que les investissements dans les centrales d'électricité renouvelable d'échelle industrielle. La méthodologie a été ajustée en conséquence. Il est donc difficile de comparer les données du présent baromètre avec celles des précédents.

Note méthodologique

Le financement d'actifs couvre tous les investissements dans les projets de production d'énergie renouvelable, à grande, mais aussi à petite échelle, dans le secteur résidentiel. Les indicateurs d'investissement sont dérivés de différentes sources de données, selon la technologie renouvelable. Il convient également de noter que les données utilisées dans les précédents baromètres étaient basées sur des contrats fermes jusqu'en 2020. Depuis, les données du baromètre sont collectées de différentes manières, en fonction de leurs sources.

Pour les investissements dans l'éolien, le financement d'actifs est tiré des publications financières de WindEurope qui couvrent les projets éoliens terrestres et offshore en Europe pour les années concernées.

Pour le solaire photovoltaïque, ce sont les rapports de tendances et rapports d'étude nationaux annuels du programme portant sur les systèmes d'alimentation photovoltaïques (PVPS) de l'Agence internationale de l'énergie (IEA) qui servent de référence. Ces rapports couvrent notamment l'évolution du marché et du coût du solaire photovoltaïque dans les pays étudiés. Les données de ces rapports sont

principalement tirées d'études. En outre, des indicateurs d'investissement pour les États membres qui ne figurent pas dans ces rapports ont été estimés à partir de la capacité de production ajoutée dérivée d'Eurostat, des dépenses en capital spécifiques tirées de rapports pour des États membres voisins et du chapitre « Coûts des énergies renouvelables et prix de l'énergie ».

Outre les sources susmentionnées, les bureaux nationaux de statistique et Eurostat ont également contribué à compléter l'analyse de manière qualitative et quantitative. Mais les données sur le financement d'actifs n'apportent aucune indication sur la date à laquelle la capacité additionnelle sera mise en service. Dans certains cas, la construction peut démarrer immédiatement. Dans d'autres, un accord financier est signé, mais la construction ne démarrera pas avant plusieurs mois (voire plusieurs années). Ainsi, la capacité additionnelle associée à ces investissements est estimée sur la base des opérations de financement conclues au cours de l'année. Cette capacité peut aussi bien être mise en service au cours de l'année considérée que des années suivantes.

Investissement dans les énergies renouvelables

Le rapport « Energy transition investment trends 2024 » de Bloomberg indique un investissement dans la transition énergétique de 360 milliards de dollars dans les États membres de l'UE en 2023, soit un volume d'investissement deux fois supérieur à celui de 2022. L'investissement dans la transition énergétique comprend les investissements dans les énergies renouvelables, le stockage de l'énergie, la mobilité électrique, le chauffage électrique, l'énergie nucléaire, l'hydrogène, la capture et le stockage du carbone, et les matériaux durables. Parmi tous les États membres de l'UE, l'Allemagne, la France, l'Espagne et l'Italie ont respectivement investi 95, 55, 32 et 30 milliards de dollars dans ces technologies bas carbone. Une forte dynamique a été observée sur

le marché des véhicules électriques et des renouvelables. En Allemagne et en France, plus de la moitié des investissements ont notamment été dépensés dans la mobilité électrique, devant les renouvelables. En Italie, le volume d'investissement s'est réparti équitablement entre la mobilité électrique, les énergies renouvelables et les autres secteurs, alors qu'en Espagne, il s'est principalement concentré sur les énergies renouvelables.

Les sections suivantes analysent en détail les investissements dans l'éolien terrestre, l'éolien offshore et le solaire photovoltaïque dans les États membres, en se concentrant sur le financement d'actifs et sur la capacité de production associée ajoutée en 2022 et sur les premières données de 2023.

ÉOLIEN

Les investissements dans l'éolien ont doucement repris malgré un contexte macroéconomique difficile. Les investissements dans de nouvelles capacités ont sensiblement chuté en 2022 à 14,7 milliards d'euros, à la fois dans l'éolien terrestre et offshore, pour atteindre leur plus bas niveau depuis 2009.

En dépit du peu d'informations par pays disponibles en 2023, WindEurope a publié que le total des investissements dans la capacité éolienne européenne a connu un rebond autour de 48 milliards d'euros en 2023, auquel on estime que l'UE a contribué à hauteur de 39 milliards d'euros. La capacité

additionnelle associée a proportionnellement augmenté de 74 %, passant de 11 GW à 18 GW.

Parmi tous les États membres, l'Allemagne arrivait en tête des investissements dans l'éolien en 2022 avec 2,4 milliards d'euros. En 2023, elle les a pratiquement multipliés par quatre en investissant 8,3 milliards d'euros. La Finlande se classe en deuxième place avec 2,1 milliards d'euros investis dans l'éolien en 2022, devant la Pologne et la Suède qui ont investi chacune environ 2 millions d'euros.

1

Financement d'actifs dans le secteur éolien (terrestre et offshore) dans les États membres de l'UE en 2022

| 2022 | | |
|---------------------|---|-----------------------------|
| | Financement d'actifs - Nouvelles capacités (en Mds €) | Capacités associées (en GW) |
| Allemagne | 2,4 | 1,7 |
| Finlande | 2,1 | 1,5 |
| Pologne | 1,9 | 1,5 |
| Suède | 1,8 | 1,4 |
| France | 1,6 | 0,9 |
| Espagne | 1,3 | 1,1 |
| Italie | 1,0 | 0,7 |
| Estonie | 0,6 | 0,4 |
| Irlande | 0,4 | 0,3 |
| Croatie | 0,3 | 0,2 |
| Roumanie | 0,3 | 0,3 |
| Grèce | 0,2 | 0,2 |
| Lituanie | 0,1 | 0,1 |
| Autres pays de l'UE | 0,6 | 0,3 |
| Total UE 27 | 14,7 | 10,5 |

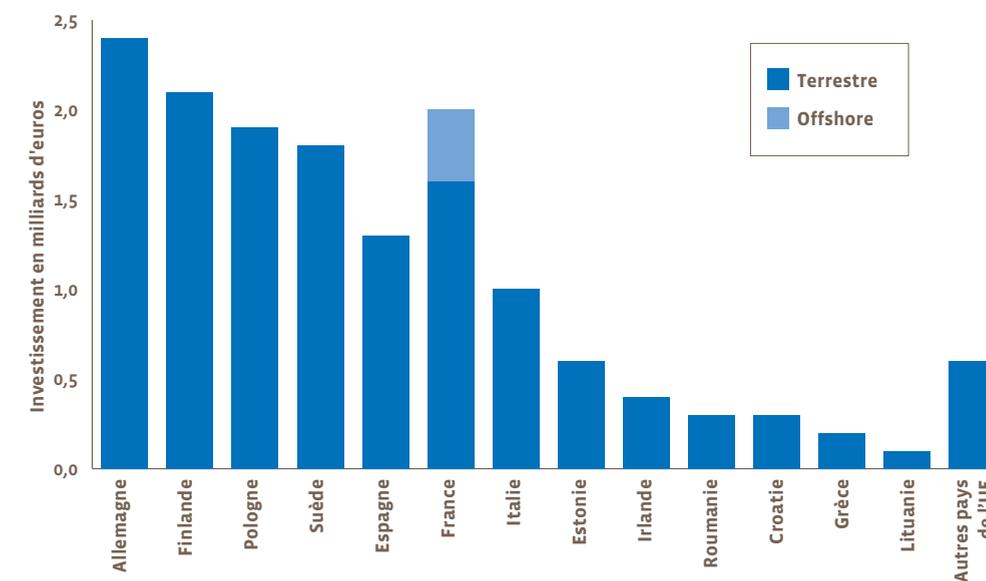
Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

AUGMENTATION RÉGULIÈRE DES INVESTISSEMENTS DANS L'ÉOLIEN, AVEC L'ALLEMAGNE EN TÊTE

Les investissements en 2022 se concentraient presque exclusivement sur l'éolien terrestre. En 2023, les volumes d'investissement ont augmenté pour l'éolien terrestre et offshore, avec un investissement supérieur pour les projets offshore. Les investissements dans l'éolien terrestre atteignaient 14,3 milliards d'euros en 2022 et sont passés à environ 18 milliards d'euros en 2023, représentant respectivement 97 % et 47 % du total des investissements dans l'éolien. Parmi tous les États membres, l'Allemagne arrive en tête non seulement pour le total des investissements dans l'éolien, mais aussi dans l'éolien terrestre avec environ 2,4 milliards d'euros investis en 2022 et environ le triple en 2023, avec 7 milliards d'euros

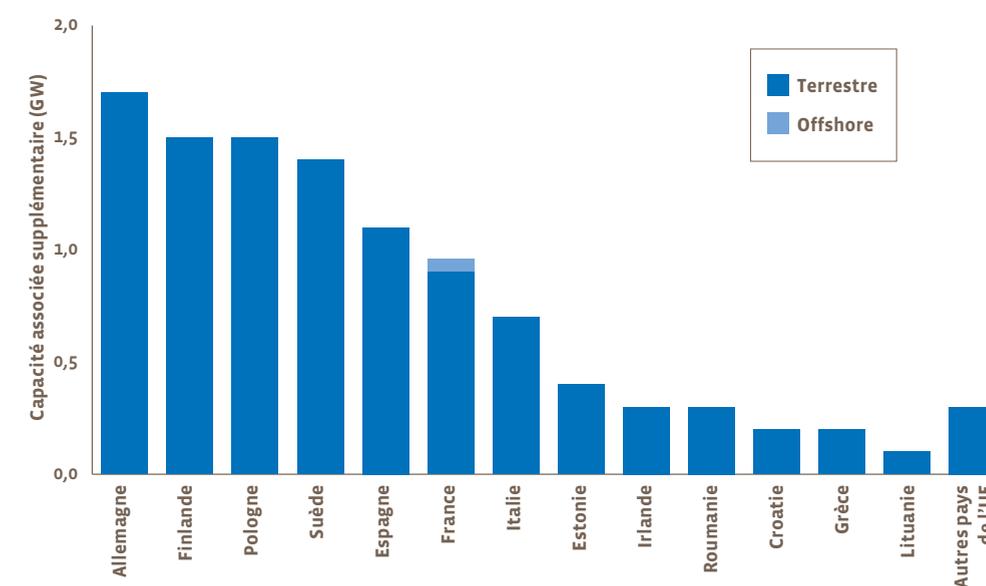
2

Financement d'actifs dans le secteur éolien pour les membres de l'UE en 2022



3

Capacité associée supplémentaire (en GW) dans le secteur éolien pour les membres de l'UE en 2022



Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

État des lieux du financement d'actifs éoliens terrestres et offshore dans les pays membres de l'UE en 2022

| | Terrestre | | Offshore | |
|---------------------|--|-----------------------------|--|--------------------------|
| | Financement d'actifs -- Nouvelles capacités (en Mds €) | Capacités associées (en GW) | Financement d'actifs -- Nouvelles capacités (en Mds €) | Capacités associées (GW) |
| Allemagne | 2,4 | 1,7 | - | - |
| Finlande | 2,1 | 1,5 | - | - |
| Pologne | 1,9 | 1,5 | - | - |
| Suède | 1,8 | 1,4 | - | - |
| Espagne | 1,3 | 1,1 | - | - |
| France | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0,1 |
| Italie | 1,0 | 0,7 | - | - |
| Estonie | 0,6 | 0,4 | - | - |
| Irlande | 0,4 | 0,3 | - | - |
| Croatie | 0,3 | 0,2 | - | - |
| Roumanie | 0,3 | 0,3 | - | - |
| Grèce | 0,2 | 0,2 | - | - |
| Lituanie | 0,1 | 0,1 | - | - |
| Autres pays de l'UE | 0,6 | 0,3 | - | - |
| Total UE 27 | 14,3 | 10,4 | 0,4 | 0,1 |

Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

ros. La Finlande est le seul autre État membre à avoir investi plus de 2 milliards d'euros en 2022. En outre, l'Espagne, la Suède et la Pologne possédaient en 2022 des marchés terrestres plutôt vastes et, dans le même temps, des coûts d'investissement faibles. Avec un niveau de coûts d'investissement similaire, la Croatie et la Roumanie n'ont investi

que dans quelques projets à terre, pour un montant cumulé de 0,3 milliard d'euros par pays en 2022.

Par conséquent, la capacité éolienne terrestre associée a augmenté de 10,4 GW en 2022 à 12 GW en 2023. En 2022, l'Allemagne arrivait aussi en tête pour la capacité associée supplémentaire avec 1,7 GW, devant la Finlande et la

Pologne avec 1,5 GW chacune. En lien avec l'augmentation de 26 %, la capacité associée supplémentaire de l'UE a également augmenté de 14 % entre 2022 et 2023. Cela indique une légère hausse des coûts d'investissement dans l'éolien terrestre entre 2022 (1,4 million d'euros par MW) et 2023 (1,5 million d'euros par MW).

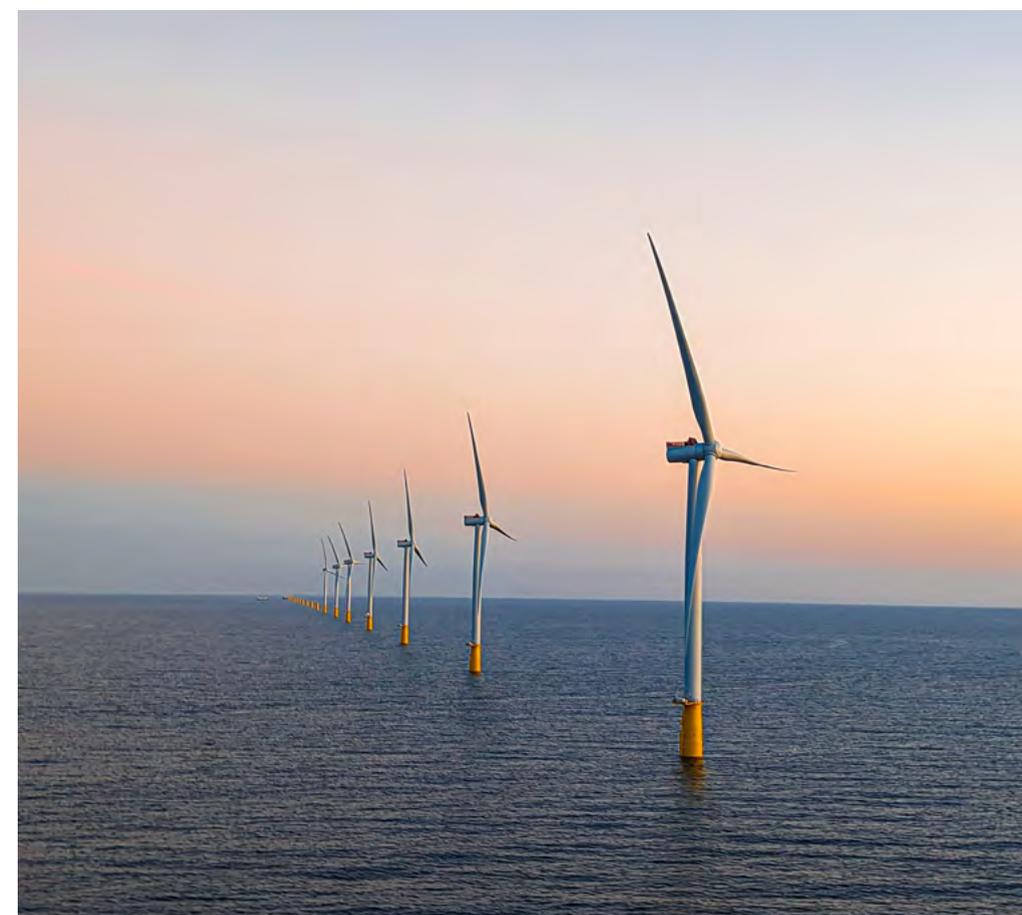
REPRISE DE L'INVESTISSEMENT DANS L'ÉOLIEN OFFSHORE

Après une période de recul depuis deux ans découlant d'un contexte macroéconomique particulier, l'éolien offshore a fini par repartir à la hausse avec un investissement de 21 milliards d'euros en 2023, alors qu'il était presque nul en 2022. Les investissements dans des installations éoliennes offshore sont tou-

tefois restés inférieurs au niveau record enregistré en 2020. Quant à la puissance additionnelle associée, d'après les estimations, elle a augmenté et même dépassé les volumes d'investissements, en passant de 0,1 GW en 2022 à 6 GW en 2023.

En 2022, il n'y a qu'en France que des décisions d'investissement ont été prises pour deux projets offshore pilotes, pour un total de 0,4 milliard

d'euros et une puissance associée de 60 MW. En raison du manque d'investissement, aucune observation concluante n'a pu être réalisée sur l'évolution des coûts d'investissement dans l'éolien offshore en 2022. Une baisse des coûts d'investissement peut toutefois être observée dans l'éolien offshore en 2023, passant de 3,7 millions d'euros par MW en 2021 à 3,2 millions d'euros par MW en 2023. ■



PHOTOVOLTAÏQUE

Lors de l'analyse des investissements dans l'énergie solaire photovoltaïque, il convient de noter deux points importants. D'abord, le financement d'actifs des éditions antérieures à celle de 2019 du rapport d'EuroObserv'ER ne contient que les investissements à grande échelle. À partir de l'édition 2022 du rapport d'EuroObserv'ER, les données d'investissement estimées comprennent non seulement les investissements à grande échelle, mais aussi ceux à petite échelle, comme les installations photovoltaïques aux capacités inférieures à 1 MW, qui représentent la majeure partie des installations photovoltaïques dans la plupart des pays de l'UE. Dans l'ensemble, il a été estimé que l'investissement total dans le solaire photovoltaïque dans les États membres de l'Union européenne atteignait 39 milliards d'euros en 2022, soit une hausse de 18 % par rapport à 2021. Le volume d'investissement estimé en 2022 était associé à une capacité nouvelle totale de 38,7 GW. Environ 84 % des investissements ont bénéficié équitablement à des installations de moins de 30 kW et à des installations industrielles de plus de 1 MW. En raison de la disponibilité limitée des informations d'investissement en 2023, il n'a pas été possible d'estimer l'investissement total de tous les États membres. Les investissements estimés dans les États membres à partir des

informations disponibles ont toutefois déjà montré un volume total d'investissement et une capacité supplémentaire supérieurs en 2023 à ceux de 2022.

L'ALLEMAGNE, L'ESPAGNE ET LES PAYS-BAS DOMINENT TOUJOURS LE MARCHÉ DU PHOTOVOLTAÏQUE

Grâce à une capacité associée supplémentaire plus que doublée, l'Allemagne affiche toujours les investissements les plus élevés dans le solaire photovoltaïque avec 7,5 milliards d'euros investis en 2022 et 17,8 milliards d'euros en 2023. Avec une augmentation de 160 % de son volume d'investissement, passant de 6,4 milliards d'euros en 2022 à 16,6 milliards d'euros en 2023, l'Espagne garde sa deuxième place. Les Pays-Bas arrivent ensuite avec 4 milliards d'euros investis en 2022 et 8,9 milliards d'euros en 2023.

Grâce à une part importante dévolue aux installations industrielles (de plus de 1 MW), l'Espagne a investi dans plus de capacité pour des dépenses moindres. Avec ses 8,6 GW de capacité associée, elle a surpassé l'Allemagne en 2022, qui ne comptait comparativement que 7,2 GW de capacité associée à ses investissements cette même année. En 2023, les coûts d'investissement spécifiques au photovoltaïque d'échelle industrielle ont augmenté, tandis que ceux des installations plus petites ont baissé. Avec la hausse

spectaculaire du nombre de projets photovoltaïques en 2023, l'Allemagne se classe en tête en matière de nouvelle capacité associée avec 15 GW, devant l'Espagne et ses 9 GW. Les Pays-Bas arrivaient en troisième place en 2022 avec 4 GW et ont été dépassés par

l'Italie en 2023 avec 5 GW. Dans l'ensemble, l'observation suggère que les coûts d'investissement dans le photovoltaïque diminuent depuis 2021.

La ventilation des investissements dans le photovoltaïque varie considérablement d'un État membre à

l'autre et d'une année à l'autre. Par exemple, l'Espagne s'est principalement concentrée sur les installations à grande échelle connectées au réseau qui ont respectivement représenté 73 % et 79 % du total des investissements en 2022 et 2023. La Suède et la

Tchéquie se sont, quant à elles, concentrées sur des installations éparpillées sur le territoire, plus petites (moins de 30 kW), qui ont respectivement représenté 74 % et 86 % de leurs investissements en 2023, soit moins qu'en 2022 où leur part était supérieure à 90 %.



1

État des lieux des investissements dans les installations photovoltaïques (commercial et résidentiel) pour l'ensemble de l'UE en 2022

| 2022 | | |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| | Investissements estimés (en Mds €) | Capacités associées (en MW) |
| Allemagne | 7,5 | 7 193 |
| Espagne | 6,4 | 8 621 |
| Pays-Bas | 4,1 | 3 900 |
| Pologne | 3,8 | 3 630 |
| Italie | 2,9 | 2 490 |
| France | 2,6 | 2 966 |
| Danemark | 1,6 | 1 573 |
| Hongrie | 1,3 | 1 267 |
| Grèce | 1,2 | 1 153 |
| Autriche | 1,2 | 1 009 |
| Belgique | 1,2 | 744 |
| Suède | 1,1 | 798 |
| Portugal | 0,9 | 890 |
| Slovénie | 0,6 | 165 |
| Lituanie | 0,5 | 317 |
| Bulgarie | 0,5 | 462 |
| Roumanie | 0,4 | 415 |
| Tchéquie | 0,4 | 227 |
| Finlande | 0,3 | 274 |
| Lettonie | 0,2 | 106 |
| Estonie | 0,2 | 125 |
| Autres pays de l'UE | 0,4 | 357 |
| Total UE 27 | 39,2 | 38 682 |

Source : calculs propres basés sur IEA et Eurostat

2

État des lieux des investissements dans les installations photovoltaïques (commercial et résidentiel) pour l'ensemble de l'UE en 2023

| 2023 | | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------|
| | Investissements estimés (en Mds €) | Capacités associées (en MW) |
| Allemagne | 17,8 | 15 005 |
| Espagne | 16,6 | 8 987 |
| Pays-Bas | 8,9 | 4 788 |
| Italie | 6,0 | 5 255 |
| France | 4,3 | 3 961 |
| Pologne | 3,6 | 3 630 |
| Belgique | 3,3 | 1 806 |
| Autriche | 3,3 | 2 603 |
| Portugal | 2,4 | 1 284 |
| Suède | 1,7 | 1 602 |
| Tchéquie | 1,4 | 847 |
| Bulgarie | 0,9 | 1 171 |
| Danemark | 0,7 | 488 |
| Irlande | 0,5 | 544 |
| Slovénie | 0,4 | 405 |
| Finlande | 0,4 | 318 |
| Chypre | 0,2 | 157 |
| Malte | 0,02 | 16 |

Source : calculs propres basés sur IEA et Eurostat

COÛTS, PRIX ET COMPÉTITIVITÉ DES ÉNERGIES RENOUVELABLES



L'un des principaux moteurs du déploiement des technologies renouvelables est leur compétitivité. L'énergie issue des technologies renouvelables a un coût et concurrence les vecteurs énergétiques conventionnels : les combustibles fossiles et l'électricité produite à partir de ces combustibles. Grâce au déploiement et aux effets d'apprentissage technologique, le coût des énergies renouvelables peut baisser. En revanche, le prix des combustibles fossiles fluctue du fait des évolutions géopolitiques et des effets du marché (offre et demande). Cette section s'intéresse aux coûts des énergies renouvelables et aux prix des énergies conventionnelles.

Pour calculer le coût actualisé de l'énergie (LCOE) pour les renouvelables, nous présentons les coûts d'investissement des différentes technologies documentés dans la littérature, une approche permettant d'estimer le coût moyen pondéré du capital (CMPC), puis les valeurs de LCOE qui en résultent. Enfin, les prix moyens pondérés de l'électricité et du gaz dans l'UE seront présentés pour les ménages et les professionnels, avec une ventilation des prix en différentes composantes. Ces éléments complètent l'analyse de la compétitivité : les premières sections examinent les coûts des énergies renouvelables (hors taxes et prélèvements), tandis que la dernière section présente les prix réels de l'énergie (taxes et prélèvements inclus).



Données sur les coûts d'investissement en Europe

COÛTS D'INVESTISSEMENT

Au cours des dernières décennies, la tendance en matière d'énergies renouvelables est restée relativement stable, avec une diminution spécifique et continue des coûts d'investissement, et une augmentation des rendements énergétiques pour le solaire photovoltaïque et l'éolien. La conjugaison de ces facteurs induit une baisse du coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE) d'année en année. À certaines périodes, les coûts d'investissement ont augmenté, mais toujours de manière temporaire. En outre, les coûts de financement enregistrent des périodes d'augmentation et

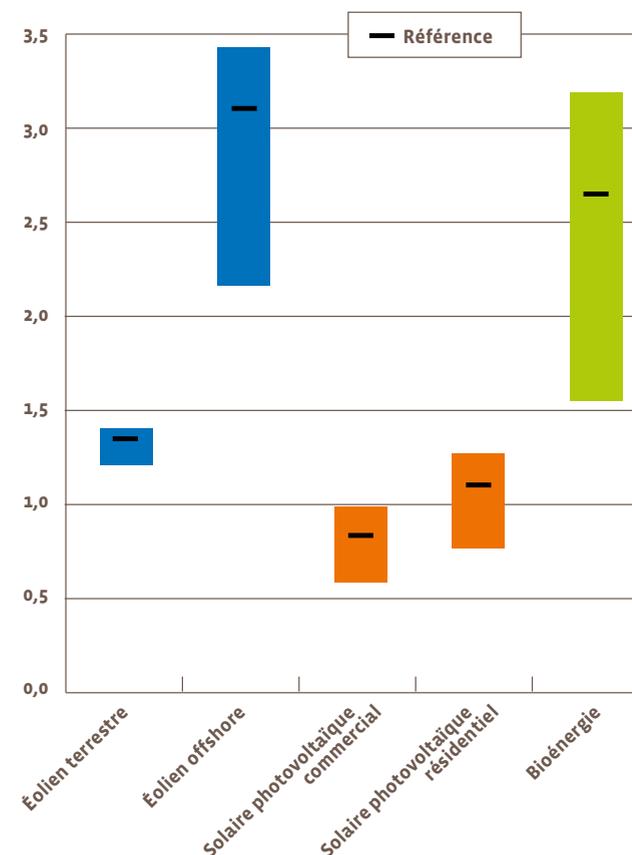
d'autres de baisse, en fonction du contexte macroéconomique et de la maturité des technologies. Dans les précédents baromètres d'EurObserv'ER, la baisse des coûts était constatée par rapport à l'année 2005 et mettait en lumière la forte diminution des coûts d'investissement dans le solaire photovoltaïque et l'éolien. Dans la présente édition, le baromètre se concentre sur des chiffres plus récents. Nous basons l'estimation des coûts d'investissement sur les données de la littérature (source : JRC, 2018, qui offre des projections de coûts par technologie), en prenant 2024 comme année de référence.

Dans l'approche des coûts d'investissement s'appuyant sur les données du JRC (2018), des fourchettes de données sont définies et injectées dans une simulation de Monte-Carlo (voir informations complémentaires dans la partie sur le coût actualisé des énergies renouvelables). Dans le précédent baromètre d'EurObserv'ER, nous avons réalisé une analyse dans laquelle les estimations de l'Irena (2022) étaient comparées aux coûts d'investissement extrapolés par le JRC, et en avons conclu que les fourchettes utilisées dans notre approche étaient généralement comparables. Nous n'avons pas



1

Estimation des coûts d'investissement dans les énergies renouvelables pour l'année 2024



Note : Ces estimations reposent sur les données du JRC (2018) et seront utilisées dans la partie sur le LCOE.

répété cet exercice pour la présente édition et avons utilisé les projections de coûts d'investissement issues du JRC (2018) pour l'année 2024. Pour les coûts d'exploitation-maintenance, nous nous basons également sur les données du JRC (2018). Dans la figure 1, on remarque que les fourchettes sont plus grandes pour certaines technologies. C'est

le cas pour les technologies innovantes, comme l'éolien, pour lesquelles plusieurs pays créent des parcs. En outre, des particularités locales, nationales ou régionales influent aussi sur le niveau de coût d'investissement des projets. La fourchette de l'éolien terrestre est petite, ce qui n'empêche pas certains projets d'avoir des coûts hors fourchette. Pour le solaire

photovoltaïque, deux variantes sont décrites : le photovoltaïque commercial à grande échelle et le photovoltaïque résidentiel. Les économies d'échelle permettent de réduire les coûts d'investissement des grands projets photovoltaïques, mais le photovoltaïque résidentiel a aussi vu ses coûts d'investissement diminuer drastiquement dans le temps. Les fourchettes des coûts d'investissement sont relativement petites pour les deux catégories de solaire photovoltaïque. Pour la génération de bioénergie, on utilise comme référence une chaudière à lit fluidisé qui brûle de la biomasse et alimente une turbine à vapeur pour laquelle les coûts d'investissement varient considérablement.

La manière dont est organisé le financement constitue un autre paramètre qui influe sur les coûts finaux de production de l'énergie. Pour calculer le coût actualisé des énergies renouvelables, il convient d'estimer le financement du projet. Ce financement constitue une manière de développer des technologies renouvelables : un prêt de la banque et des capitaux propres (equity) financent le développement du projet et le démarrage de la production d'énergie renouvelable. Les ventes d'électricité renouvelable et les vecteurs énergétiques à base de chaleur ou de biomasse génèrent des revenus qui sont utilisés pour rembourser le prêt et offrir un retour sur investissement raisonnable aux investisseurs. Les conditions d'obtention des prêts diffèrent d'un pays à l'autre et d'une technologie à l'autre. Le coût moyen pondéré du capital (CMPC), présenté dans la partie suivante, est un paramètre qui décrit ce phénomène. ■

Coût moyen pondéré du capital (CMPC)

Le coût moyen pondéré du capital (CMPC) est utilisé pour mesurer les coûts financiers d'une entreprise ou d'un projet. C'est le coût moyen, après application des taxes, de la levée de dette et de capitaux propres à partir de différentes sources. Le CMPC n'est pas typiquement une valeur publique

pour une entreprise ou un projet. Il est constitué de plusieurs paramètres sous-jacents : la proportion de capitaux propres et de dette dans le capital total ; le montant des capitaux propres et celui de la dette ; et le taux d'imposition des sociétés. La plupart des projets de production d'électricité se

caractérisent par des dépenses en capital élevées en amont, ce qui signifie que le niveau du CMPC a un effet critique sur les indicateurs comme le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE). L'estimation du CMPC de plusieurs technologies renouvelables à travers les 27 États membres de l'UE

a servi de base aux calculs de LCOE de la partie suivante.

Notre approche pour l'estimation du CMPC combine la collecte ascendante de données et l'avis d'experts sur les différentes composantes du CMPC. Une approche alternative consisterait à réaliser une étude paneuropéenne des projets

mis en œuvre pour les différentes technologies, dans différents États membres. Comme le CMPC change également dans le temps en fonction de plusieurs facteurs, comme les conditions économiques prévalentes, la continuité des politiques, les avancées technologiques, l'approche choisie pour l'estimation

permet d'assurer une cohérence des résultats dans le temps, ce qui constitue un atout indéniable.

Les catégories de risque des technologies, les pourcentages de coût des capitaux propres et les parts de dette utilisés pour nos calculs de coût du capital sont présentés dans le tableau 1.

Approche méthodologique

Nous recueillons des données pour les paramètres ascendants afin de déterminer les composantes de dette et de capitaux propres (equity) du coût du capital. Le taux d'intérêt de la dette¹, le taux d'imposition des sociétés² et la part de dette³ sont des pourcentages multipliés pour calculer le coût total de la dette. Pour le coût des capitaux propres, nous partons des calculs utilisés par le régime de soutien financier hollandais à la production d'énergie durable et à la transition écologique (SDE++)⁴, qui reposent sur des données analysées par des experts⁵. Dans notre approche, nous avons repris la même division des risques par technologie pour tous les États membres que celle appliquée pour les Pays-Bas dans les calculs du SDE++. Nous nous sommes servis du coût des capitaux propres pour les Pays-Bas comme point de départ pour calculer le coût des capitaux propres des autres États membres. Nous avons ajusté le coût des capitaux propres pour chaque État membre en soustrayant le taux sans risque⁶ des Pays-Bas du coût des capi-

taux propres des Pays-Bas, puis en ajoutant le taux sans risque de chaque État membre. Le pourcentage obtenu a ensuite été multiplié par la part de capitaux propres pour calculer le coût des capitaux propres pour chaque État membre. Voici la formule utilisée pour calculer le coût des capitaux propres pour chaque État membre :

$$\text{CoE}_{MS} = \text{CoE}_{NL} - r_{f,NL} + r_{f,MS}$$

où CoE est le coût des capitaux propres, r_f est le taux sans risque, MS signifie État membre et NL désigne les Pays-Bas.

4. Source : Agence néerlandaise pour l'entreprise (RVO), SDE++ (subvention visant à encourager la production d'énergie durable et la transition écologique).

5. Source : Eindadvies basisbedragen SDE++, <https://www.pbl.nl/sde>. Part de dette des technologies à risque faible, moyen et élevé. Coût des capitaux propres des technologies à risque faible, moyen et élevé.

6. Organe des régulateurs européens des communications électroniques (Orece), 2024. Rapport « Berec report on WACC parameter calculations according to the European Commission's WACC notice of 6th November 2019 » (rapport 2024 sur les paramètres de CMPC). Commission européenne. Taux sans risque pour tous les États membres, d'après les taux de crédit par pays de Standard & Poors.

1. Euro-area-statistics.org. 2024. Statistiques de la zone euro. Taux de prêt moyens pratiqués par les banques pour les petits et grands montants.

2. PWC. 2024. Worldwide Tax Summaries. <https://taxsummaries.pwc.com>

3. Source : Eindadvies basisbedragen SDE++, <https://www.pbl.nl/sde>. Part de dette des technologies à risque faible, moyen et élevé.

Précisions sur les distinctions de risques du SDE++

Dans le régime de subventions néerlandais SDE++, une distinction est faite entre les technologies à risque faible, moyen ou élevé lors du calcul du coût des capitaux propres. Les technologies catégorisées comme étant à risque faible sont les plus courantes, comme l'éolien terrestre et le solaire photovoltaïque. Il existe un flux constant de projets en développement et les concepteurs comme les financeurs ont acquis une grande expérience dans le développement et la structuration des projets, ce qui réduit les risques dans le temps et explique leur niveau actuellement bas. Les technologies à risque élevé sont celles qui sont innovantes, comme l'aquathermie, la géothermie et la méthanisation de biomasse, qui doivent encore se développer, n'ont pas encore été déployées à grande échelle et/ou dépendent fortement de tiers tout en bénéficiant d'un faible approvisionnement (par exemple pour la fourniture de biomasse). Ces technologies se caractérisent par des risques opé-

rationnels plus élevés et, parfois, des risques politiques. Les technologies avec un risque moyen (par exemple : hydroélectricité, solaire thermique) sont bien développées, mais leur déploiement est limité ou ne peut se faire qu'à petite échelle, ce qui augmente le niveau de risque des projets. Pour l'éolien offshore, aucun paramètre de financement ne figure dans le SDE++. Comme indiqué ci-dessous, le risque pour l'éolien offshore est considéré comme étant faible à moyen, mais, à la réflexion, nous avons jugé que le risque était plutôt moyen pour cette technologie. Cela s'explique par le fait que les nouvelles éoliennes offshore installées sont plus grandes et plus technologiques que celles à terre. Des éoliennes plus innovantes comportent de plus grands risques et l'environnement marin augmente le risque de défaillance. Les risques plus élevés impliquent des retours plus élevés, ce qui se reflète dans nos calculs de coût des capitaux propres pour l'éolien offshore.

Catégories de risque technologique, pourcentages de coût des capitaux propres et ratios d'endettement par technologie

| | Éolien terrestre | Solaire PV | Éolien offshore | Hydroélectricité | Bioénergie et autres technologies |
|----------------------|------------------|------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|
| Risque technologique | Faible | Faible | Moyen | Moyen à élevé | Élevé |
| Coût du capital | 8 % | 7 % | 8 % | 9 % | 11.5 % |
| Part de la dette | | | | | |
| minimum | 60/40 | 70/30 | 65/35 | 60/40 | 50/50 |
| moyenne | 70/30 | 80/20 | 75/25 | 70/30 | 60/40 |
| maximum | 80/20 | 90/10 | 85/15 | 80/20 | 70/30 |

Source : EurObserv'ER

COMMENTAIRES SUR LA MÉTHODOLOGIE

La méthodologie que nous utilisons est un bel effort d'approche ascendante à partir d'informations tirées de publications et d'avis d'experts. Améliorer les hypothèses et les données de cette méthodologie nécessiterait des recherches plus poussées pour identifier de meilleures sources de données et réaliser des estimations plus justes de certaines composantes du CMPC, notamment le coût des capitaux propres. Il est important d'utiliser des sources de données fiables qui soient de préférence mises à jour chaque année. En outre, les hypothèses sur lesquelles repose notre approche impliquent des risques par technologie similaires entre les différents États membres. Pour de prochaines recherches, il conviendra de revoir ces hypothèses simplistes.

ACTUALISATION DES PARAMÈTRES DE CMPC

Les valeurs de CMPC figurant dans le présent rapport sont calculées à partir des dernières données disponibles (2024). La méthodologie utilise des données et calculs homogènes, et fournit un aperçu représentatif plus actualisé du CMPC pour les États membres de l'UE. L'éolien et le solaire photovoltaïque sont des technologies considérées comme courantes, car elles sont plus développées et plus largement déployées que d'autres filières. Les risques opérationnels et réglementaires les concernant sont donc beaucoup plus faibles que pour les autres catégories. Cela est partiellement mis en évidence par les garanties de disponibilité proposées par défaut par les fournisseurs de technologie éolienne et solaire photovoltaïque. Le rendement sur

fonds propres du solaire photovoltaïque et de l'éolien a également baissé d'un point par rapport à l'année précédente, en passant respectivement à 7 % et 8 %. Pour les technologies (bioénergie et autres technologies) avec un risque opérationnel ou réglementaire très supérieur, le rendement sur fonds propres reste inchangé, à 11,5 %. Cela s'explique par le fait qu'il s'agit des catégories les plus à risque en raison de leur forte dépendance aux tiers conjuguée à une pénurie d'approvisionnement, notamment pour l'achat de matières premières comme la biomasse. Les parts de capitaux propres observées dans les projets d'énergie renouvelable financés récemment ou prochainement aux Pays-Bas vont de moins de 5 % à plus de 40 %. Une part de 30 % de capitaux propres a été calculée pour servir de valeur indicative. Les catégories du solaire photo-

voltaïque font figure d'exceptions avec une part inférieure. Lors de la consultation du marché pour le SDE++, plusieurs parties ont avancé qu'avec des taux d'intérêt en hausse, les projets devaient payer plus en intérêt et en remboursement de prêt, et ne pouvaient plus respecter les exigences des banques en matière de ratio de couverture du service de la dette (DSCR). Pour éviter cela, les promoteurs cherchent à allonger la durée des prêts à 20 ans et préparent d'autres solutions financières pour assurer les recettes après l'arrêt des subventions. Malgré cela, les promoteurs ont été contraints de lever plus de capitaux propres, et le degré d'endettement des projets solaires PV et éoliens a été ajusté en conséquence. Nous avons donc réduit la proportion de dette par rapport aux capitaux propres du solaire photovoltaïque à 80 %/20 % et de l'éolien à 70 %/30 %. Pour les autres technologies, le ratio dette/capitaux propres est adéquat et n'a donc pas été modifié. Il reste donc à 70 %/30 % pour la bioénergie et les autres technologies. Le tableau 2 dresse un aperçu des valeurs de CMPC calculées par technologie et par État membre. Nous observons que pour les technologies à risque faible, comme l'éolien terrestre et le solaire photovoltaïque, les valeurs de CMPC vont de 3 % ou 4 % dans certains États membres (par exemple l'Allemagne, les Pays-Bas et le Luxembourg) à plus de 5 % ou 6 % dans d'autres (par exemple la Grèce, la Roumanie et la Pologne). Pour les technologies à risque plus élevé, comme la bioénergie, les estimations de CMPC sont comprises entre 6 % et 7 % dans certains États

membres (par exemple l'Autriche, la Belgique ou l'Allemagne), quand d'autres affichent des fourchettes plus hautes, entre 8 % et 9 % (par exemple la Pologne, la Hongrie et la Roumanie). Voici l'interprétation que l'on peut en faire : pour les technologies relativement matures qui ont été déployées à grande échelle et dans les États membres possédant des conditions économiques et politiques stables, le CMPC est généralement inférieur. Il est plus élevé dans les États membres possédant de faibles taux de déploiement des technologies et où les conditions économiques et politiques sont moins favorables. Les conditions de financement sont plus favorables pour l'éolien terrestre et le solaire photovoltaïque dans les États membres situés à l'ouest, comme le Luxembourg, l'Allemagne, la France et les Pays-Bas. À l'inverse, les États membres situés à l'est, notamment la Hongrie, la Roumanie et la Pologne, disposent de conditions de financement moins favorables pour toutes les technologies, en particulier pour celles qui sont considérées comme les plus risquées à déployer. En conclusion, les valeurs finales du coût moyen pondéré du capi-

tal ont baissé pour presque toutes les technologies et tous les États membres en 2024 par rapport à 2023. Cette diminution s'explique principalement par la baisse des taux d'intérêt de la dette. La baisse des taux d'intérêt diminue le coût de la dette, rendant l'emprunt moins cher, ce qui réduit le CMPC global.

Cependant, certains facteurs auraient dû exercer une pression à la hausse sur le CMPC : le taux sans risque de la plupart des pays de l'UE à 27 a augmenté et les ratios dette/capitaux propres pour l'énergie solaire et éolienne ont diminué. Toutefois, l'impact de la baisse des taux d'intérêt et d'autres facteurs positifs l'ont emporté sur l'effet de la hausse des taux sans risque et de la baisse des ratios de dette/capitaux propres, ce qui a entraîné une diminution globale des valeurs finales du CMPC.

Les valeurs de CMPC sont utilisées, conjointement aux hypothèses sur les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation et de maintenance, le rendement énergétique et la durée de vie des installations, pour estimer le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE), présenté dans la partie suivante. ■



Estimation des valeurs nationales du coût moyen pondéré du capital en 2024, décomposé par technologie et pays membre

| | Éolien terrestre | | | Éolien offshore | | | Solaire PV | | | Hydroélectricité | | | Bioénergie et autres technologies* | | |
|------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|
| | Estimation basse | Estimation moyenne | Estimation haute | Estimation basse | Estimation moyenne | Estimation haute | Estimation basse | Estimation moyenne | Estimation haute | Estimation basse | Estimation moyenne | Estimation haute | Estimation basse | Estimation moyenne | Estimation haute |
| Autriche | 4,2 % | 4,7 % | 5,2 % | n. d. | n. d. | n. d. | 3,6 % | 4,0 % | 4,4 % | 4,4 % | 5,0 % | 5,6 % | 5,8 % | 6,6 % | 7,5 % |
| Belgique | 4,3 % | 4,8 % | 5,3 % | 4,0 % | 4,5 % | 5,0 % | 3,7 % | 4,1 % | 4,5 % | 4,5 % | 5,1 % | 5,7 % | 5,8 % | 6,7 % | 7,5 % |
| Bulgarie | 5,4 % | 5,8 % | 6,2 % | n. d. | n. d. | n. d. | 5,0 % | 5,2 % | 5,5 % | 5,6 % | 6,1 % | 6,6 % | 6,9 % | 7,6 % | 8,4 % |
| Croatie | 4,8 % | 5,3 % | 5,8 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,1 % | 4,6 % | 5,0 % | 5,0 % | 5,6 % | 6,2 % | 6,3 % | 7,2 % | 8,1 % |
| Chypre | 5,1 % | 5,6 % | 6,1 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,5 % | 4,9 % | 5,3 % | 5,3 % | 5,9 % | 6,5 % | 6,6 % | 7,5 % | 8,3 % |
| Tchéquie | 5,4 % | 5,9 % | 6,5 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,7 % | 5,2 % | 5,6 % | 5,6 % | 6,2 % | 6,9 % | 7,0 % | 7,9 % | 8,8 % |
| Danemark | 4,4 % | 4,8 % | 5,3 % | 4,2 % | 4,6 % | 5,1 % | 3,8 % | 4,2 % | 4,5 % | 4,6 % | 5,1 % | 5,7 % | 5,9 % | 6,7 % | 7,5 % |
| Estonie | 6,1 % | 6,4 % | 6,7 % | n. d. | n. d. | n. d. | 5,6 % | 5,9 % | 6,1 % | 6,3 % | 6,7 % | 7,1 % | 7,4 % | 8,1 % | 8,8 % |
| Finlande | 4,4 % | 4,9 % | 5,4 % | 4,2 % | 4,6 % | 5,1 % | 3,8 % | 4,2 % | 4,6 % | 4,6 % | 5,2 % | 5,8 % | 5,9 % | 6,8 % | 7,6 % |
| France | 4,2 % | 4,7 % | 5,2 % | 3,9 % | 4,4 % | 4,9 % | 3,6 % | 4,0 % | 4,4 % | 4,4 % | 5,0 % | 5,6 % | 5,7 % | 6,6 % | 7,5 % |
| Allemagne | 4,1 % | 4,5 % | 5,0 % | 3,8 % | 4,3 % | 4,8 % | 3,5 % | 3,9 % | 4,2 % | 4,3 % | 4,8 % | 5,4 % | 5,6 % | 6,4 % | 7,2 % |
| Grèce | 4,9 % | 5,5 % | 6,1 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,3 % | 4,7 % | 5,2 % | 5,1 % | 5,8 % | 6,5 % | 6,6 % | 7,5 % | 8,4 % |
| Hongrie | 6,2 % | 6,9 % | 7,6 % | n. d. | n. d. | n. d. | 5,3 % | 6,0 % | 6,6 % | 6,4 % | 7,2 % | 8,0 % | 7,9 % | 9,0 % | 10,1 % |
| Irlande | 5,2 % | 5,6 % | 6,0 % | 5,1 % | 5,4 % | 5,8 % | 4,8 % | 5,0 % | 5,3 % | 5,4 % | 5,9 % | 6,4 % | 6,7 % | 7,4 % | 8,1 % |
| Italie | 4,7 % | 5,3 % | 5,9 % | 4,4 % | 5,0 % | 5,6 % | 4,0 % | 4,5 % | 5,0 % | 4,9 % | 5,6 % | 6,3 % | 6,3 % | 7,3 % | 8,2 % |
| Lettonie | 5,8 % | 6,1 % | 6,5 % | n. d. | n. d. | n. d. | 5,3 % | 5,6 % | 5,8 % | 6,0 % | 6,4 % | 6,9 % | 7,2 % | 7,9 % | 8,6 % |
| Lituanie | 5,3 % | 5,7 % | 6,0 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,9 % | 5,1 % | 5,4 % | 5,5 % | 6,0 % | 6,4 % | 6,7 % | 7,4 % | 8,2 % |
| Luxembourg | 3,8 % | 4,4 % | 4,9 % | n. d. | n. d. | n. d. | 3,2 % | 3,6 % | 4,1 % | 4,0 % | 4,7 % | 5,3 % | 5,4 % | 6,3 % | 7,2 % |
| Malte | 4,4 % | 5,0 % | 5,5 % | n. d. | n. d. | n. d. | 3,7 % | 4,2 % | 4,7 % | 4,6 % | 5,3 % | 5,9 % | 6,0 % | 6,9 % | 7,8 % |
| Pays-Bas | 4,2 % | 4,6 % | 5,1 % | 3,9 % | 4,4 % | 4,9 % | 3,6 % | 4,0 % | 4,3 % | 4,4 % | 4,9 % | 5,5 % | 5,7 % | 6,5 % | 7,3 % |
| Pologne | 5,5 % | 6,2 % | 6,9 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,8 % | 5,3 % | 5,9 % | 5,7 % | 6,5 % | 7,3 % | 7,2 % | 8,3 % | 9,3 % |
| Portugal | 4,5 % | 5,1 % | 5,6 % | 4,3 % | 4,8 % | 5,3 % | 3,9 % | 4,3 % | 4,8 % | 4,7 % | 5,4 % | 6,0 % | 6,1 % | 7,0 % | 7,8 % |
| Roumanie | 5,5 % | 6,4 % | 7,3 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,6 % | 5,3 % | 6,1 % | 5,7 % | 6,7 % | 7,7 % | 7,5 % | 8,7 % | 9,9 % |
| Slovaquie | 5,0 % | 5,4 % | 5,9 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,4 % | 4,8 % | 5,1 % | 5,2 % | 5,7 % | 6,3 % | 6,5 % | 7,3 % | 8,1 % |
| Slovénie | 4,6 % | 5,1 % | 5,6 % | n. d. | n. d. | n. d. | 4,0 % | 4,4 % | 4,8 % | 4,8 % | 5,4 % | 6,0 % | 6,1 % | 7,0 % | 7,8 % |
| Espagne | 4,3 % | 4,8 % | 5,4 % | 4,0 % | 4,6 % | 5,1 % | 3,6 % | 4,1 % | 4,5 % | 4,5 % | 5,1 % | 5,8 % | 5,9 % | 6,8 % | 7,7 % |
| Suède | 4,4 % | 4,8 % | 5,3 % | 4,1 % | 4,6 % | 5,1 % | 3,8 % | 4,2 % | 4,5 % | 4,6 % | 5,1 % | 5,7 % | 5,9 % | 6,7 % | 7,5 % |

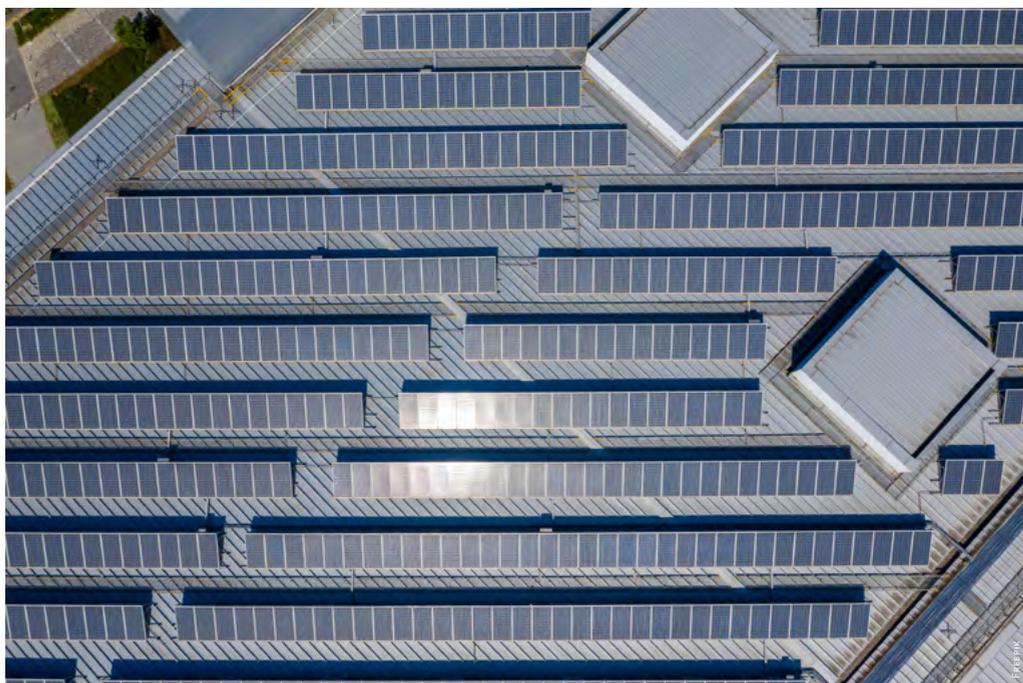
* Les autres technologies comprennent la géothermie, le biogaz et la biomasse solide. n. d. : non disponible. Source : EurObserv'ER

Coût actualisé des énergies renouvelables

Dans cette partie, les coûts actualisés des énergies renouvelables (LCOE, en €/kWh ou en €/MWh) sont estimés pour plusieurs technologies renouvelables à partir des estimations de fourchettes de coûts d'investissement et du CMPC présentés dans les parties précédentes. Outre les estimations de CMPC et les coûts d'investissement, l'analyse du LCOE des technologies renouvelables nécessite un gros volume de données et des hypothèses sur les dépenses de fonctionnement, les coûts de combustible (pour les technologies de biomasse), la durée d'utilisation, la production énergétique annuelle,

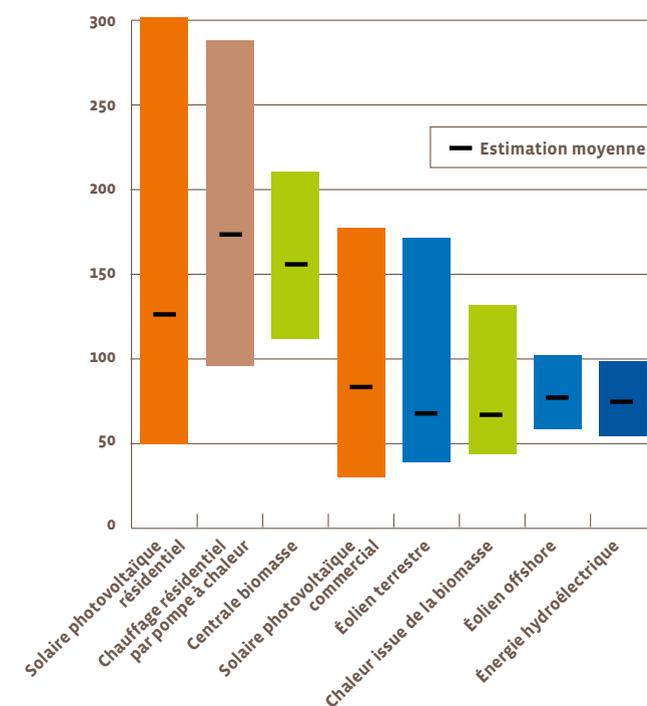
les besoins en énergie auxiliaire (pour les pompes à chaleur), le rendement énergétique du combustible et la durée du projet. Tous les paramètres d'entrée sont définis sous forme de fourchettes de valeurs. Puis la méthode de Monte-Carlo est appliquée au calcul des coûts actualisés (5 000 simulations par valeur de LCOE), se traduisant par des fourchettes de coûts. Alors que les coûts technologiques sont issus des JRC 2014 et 2018, les hypothèses de prix des combustibles ont été empruntées à Elbersen et al. (2016) et extrapolées à partir de données modélisées. Même si la source des données a déjà plusieurs

années, les données et projections restent pertinentes. Cela s'explique par le fait que les hypothèses sur l'apprentissage de la technologie se sont révélées justes, mais aussi par celui que les fourchettes de données utilisées étaient suffisamment larges pour couvrir les coûts réels. Dans la précédente édition de « L'état des énergies renouvelables en Europe » d'EurObserv'ER (2023), une comparaison avait été réalisée avec des données plus récentes de l'IEA et l'Irena. Cette analyse a révélé que les données du JRC correspondaient toujours aux estimations les plus récentes. Une attention particulière est accordée



1

Coût actualisé des énergies renouvelables dans l'Union européenne (en €/MWh) d'après les estimations de coûts d'investissement pour 2024 et les données de CMPC pour 2024



Note: Basé sur des estimations des coûts d'investissement pour 2024 et des données WACC pour 2024. Source: EurObserv'ER

Les technologies prises en compte sont le chauffage résidentiel généré par les pompes à chaleur (moyenne des PAC géothermiques, aérothermiques et aquathermiques), la bioénergie (chaleur et électricité produites à partir de biomasse solide), l'hydroélectricité, le solaire photovoltaïque (commercial et résidentiel) et l'énergie éolienne (terrestre et offshore). Les fourchettes de données des coûts actualisés des énergies renouvelables calculés pour l'Union européenne sont présentées dans la figure 1. Les technologies produisant de l'électricité renouvelable sont le solaire photovoltaïque, la biomasse, l'éolien et l'hydroélectricité. Les technologies produisant de la chaleur sont la biomasse et les pompes à chaleur. Il convient de noter que l'électricité auxiliaire utilisée pour les pompes à chaleur n'a pas été modifiée à partir des hypothèses formulées dans les précédents baromètres. Il en va de même pour les prix de la biomasse. Cela signifie que deux facteurs affectent le LCOE: l'évolution de la technologie, qui induit une modification des coûts d'investissement (d'après le rapport du JRC), et les changements macroéconomiques, qui modifient la valeur du coût moyen pondéré du capital (cf. partie précédente).

VALEURS DE LCOE ACTUALISÉES

L'actualisation des estimations de LCOE dépend de plusieurs variables. Tout d'abord, la modification des estimations des coûts d'investissement et de l'actualisation des valeurs de CMPC, mais également la prise en compte de l'inflation à travers l'indice des prix à la consommation harmonisé.

à la valeur réelle des coûts: le LCOE est exprimé en euros de 2023, ce qui signifie que l'inflation est prise en compte dans les estimations de coûts, par l'application de l'indice des prix à la consommation harmonisé pour les 27 États membres de l'Union européenne. Par ailleurs, les facteurs liés à la localisation et au fonctionnement, mais aussi les choix de conception et les rendements énergétiques varient entre les États membres. C'est pourquoi les valeurs de LCOE estimées sont

présentées sous forme de fourchettes. À titre d'exemple: l'électricité provenant de l'éolien est généralement meilleur marché dans les zones possédant des ressources en vent moyennes à élevées, car les éoliennes y produisent plus d'électricité que dans les zones où la vitesse du vent est plus faible. Ces situations produisant à peu près les mêmes coûts d'investissement, mais avec une production d'électricité supérieure, les valeurs de LCOE diminuent.

ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

En regardant la figure 1, on observe immédiatement que des fourchettes de données sont renseignées pour toutes les technologies. Pour certaines technologies, ces fourchettes sont plus étendues que pour d'autres. Cela s'explique par le fait que le rendement d'une énergie renouvelable varie selon les conditions climatiques des États membres. Par exemple, le rayonnement solaire est plus important dans le sud de l'Europe que dans le Nord, ce qui influe sur la production d'électricité de systèmes similaires situés dans des régions différentes. Au cours des dernières années, le LCOE du solaire photovoltaïque a continué de baisser, comme démontré dans les précédentes éditions de « L'état des énergies renouvelables en Europe ». Les systèmes photovoltaïques résidentiels sont de petite taille et donc relativement chers. Les modules et onduleurs permettent de faire

moins d'économies d'échelle et l'installation du système nécessite proportionnellement plus de travail. Malgré une baisse significative de toutes les composantes du coût d'un système photovoltaïque ces dernières décennies, il reste l'une des technologies renouvelables les plus chères, bien que cela varie beaucoup d'un pays à l'autre. Le niveau de coût moyen estimé est de 128 €/MWh pour le solaire photovoltaïque résidentiel et de 82 €/MWh pour le solaire photovoltaïque commercial. D'après les calculs, la génération d'électricité à partir de la bioénergie se situe approximativement entre 114 €/MWh et 211 €/MWh à travers l'Europe. Les coûts moyens de l'électricité issue de l'éolien terrestre sont inférieurs à ceux du photovoltaïque commercial, avec une fourchette de coûts comparable. L'éolien offshore présente une fourchette plus restreinte, car tous les États

membres ne disposent pas de projets en place. Les écarts en matière de rendement énergétique sont en revanche moins prononcés. Traditionnellement, l'hydroélectricité est une technologie mature et concurrentielle depuis de nombreuses années et dans de nombreux pays. Ses estimations de LCOE se situent entre 55 €/MWh et 98 €/MWh.

Il convient de noter que, pour les projets individuels d'énergie renouvelable, les fourchettes de coûts observées peuvent dépasser celles indiquées ici. Les variations entre États membres résultent des différences de rendement présumées (pour l'énergie solaire et éolienne) et des conditions de financement. Les estimations de LCOE de chaque pays peuvent être consultées pour plusieurs technologies sur le site Internet d'EurObserv'ER. Le graphique représente les valeurs cumulées pour l'Union européenne (UE à 27).

CHALEUR RENOUVELABLE

Pour les technologies produisant de la chaleur, le coût actualisé de la chaleur issue de la bioénergie est relativement faible, ce qui explique sa compétitivité dans de nombreux pays. Selon l'analyse, la chaleur captée à partir de l'aérothermie via les pompes à

chaleur (avec des équipements de petite taille) montre des niveaux de LCOE relativement élevés. Le coût relativement élevé des pompes à chaleur résidentielles est aussi dû au fait qu'il s'agit d'un assemblage de différents circuits aux coûts très variables

en fonction du type de pompe : géothermique, aérothermique ou aquathermique. Le passage aux systèmes collectifs, éventuellement en combinaison avec le chauffage urbain, pourrait permettre de réduire encore les coûts. ■



Prix de l'énergie

Les prix de l'électricité et du gaz naturel sont surveillés par Eurostat. Ils sont indiqués dans les figures 1 et 2 pour 2022 et 2023. Les prix de l'énergie sont composés de plusieurs coûts : celui du vecteur énergétique lui-même (énergie et approvisionnement), les redevances d'utilisation des réseaux et les frais divers : taxes, impôts et charges.

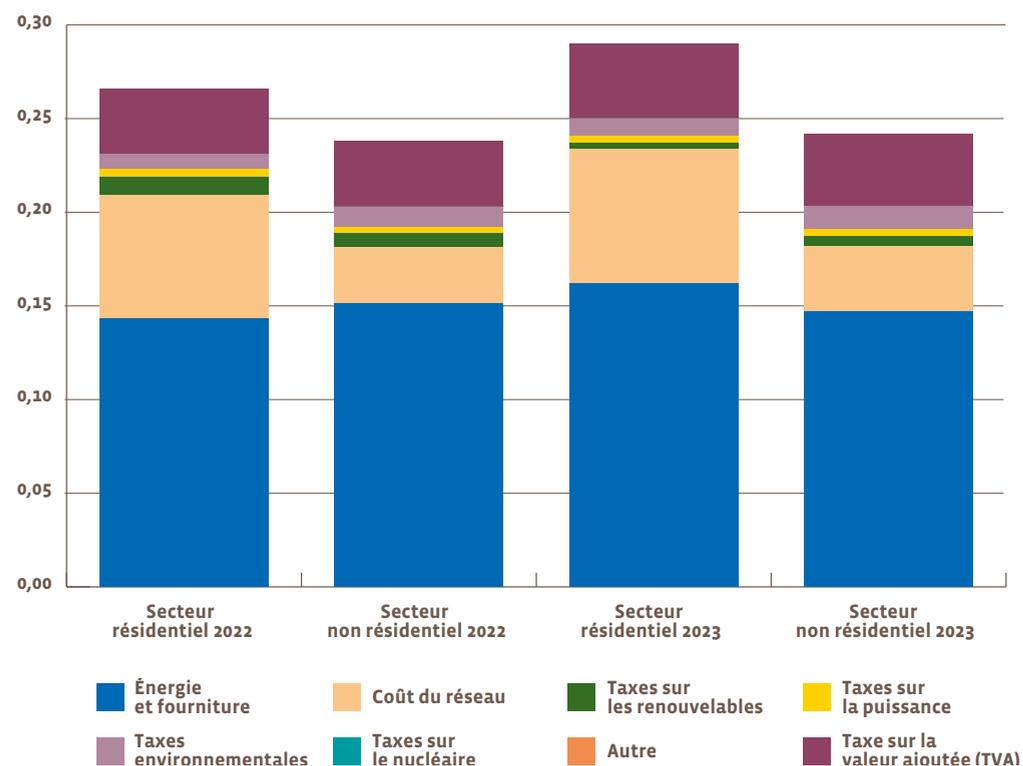
MULTIPLES COMPOSANTES DES PRIX DE L'ÉNERGIE

Pour l'électricité et le gaz naturel, plusieurs coûts supplémentaires sont imposés sur le prix de l'énergie. Des frais liés à l'utilisation et à l'entretien du réseau sont imposés aux clients par les entreprises de transmission et de distribution de l'électricité et du gaz naturel. Des taxes, frais, impôts et charges sont

aussi prélevés par les autorités et peuvent avoir différents objets. Par exemple, des taxes sur les énergies renouvelables sont appliquées aux consommateurs pour générer des fonds qui seront redistribués aux développeurs d'énergies renouvelables sous forme de subventions. Les taxes environnementales sont généralement des instruments politiques visant à modifier les

1

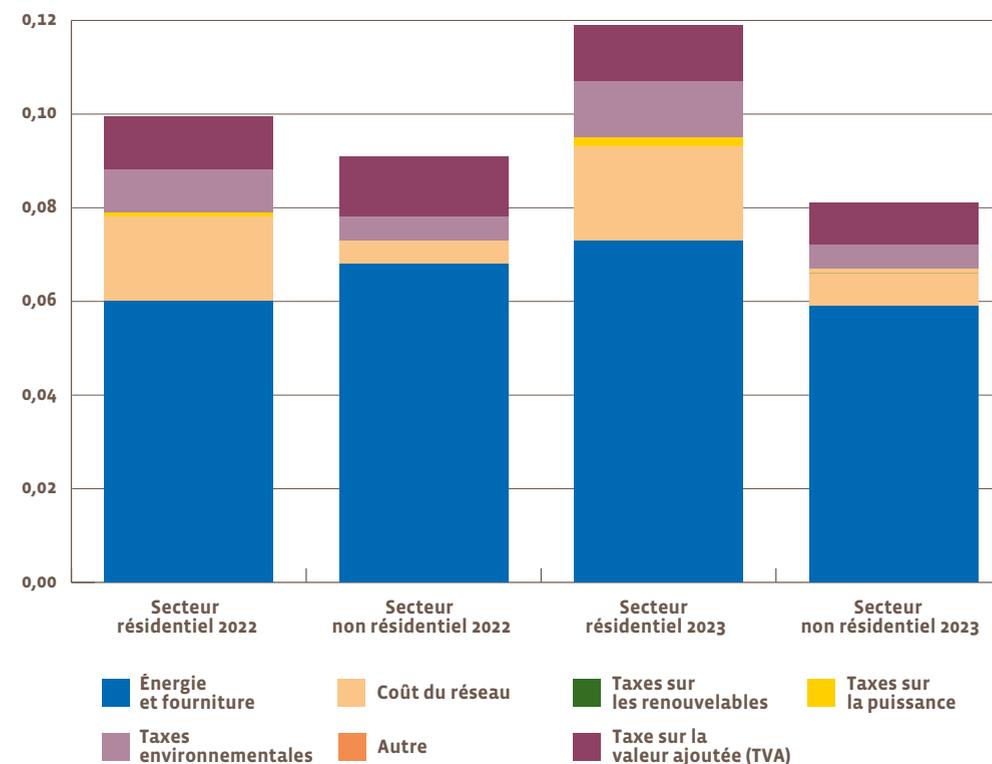
Prix de l'électricité moyen dans l'Union européenne en 2022 et 2023 (€/kWh)



Note: Les éléments du prix de l'électricité (en €/kWh) sont basés sur une moyenne de toutes les tranches de consommation d'électricité. Source: Eurostat

2

Prix du gaz fossile moyen dans l'Union européenne en 2022 et 2023 (€/kWh)



Note: Les composantes du prix du gaz (en €/kWh) sont basées sur une moyenne de toutes les tranches de consommation de gaz. Source: Eurostat

modes d'utilisation de l'énergie par les consommateurs et alimentent essentiellement le budget général. Diverses taxes et exonérations ont aussi été utilisées par le passé pour alléger les démarches des utilisateurs finaux, qu'il s'agisse de particuliers ou d'entreprises. Les taxes de mécanisme de capacité se rapportent à la capacité consommée par les utilisateurs. Les taxes nucléaires sont spécifiques à la génération d'électricité nucléaire et n'existent qu'en Slovaquie. En général, les taxes imposées sur les ménages (petits

consommateurs par rapport aux autres) sont relativement élevées. Les taxes environnementales et sur les énergies renouvelables sont les plus importantes. La taxe sur la valeur ajoutée (TVA) est appliquée sur toutes les composantes de coût. Les fourchettes de prix de l'électricité et du gaz naturel observées dans les États membres de l'UE en 2022 et 2023 sont respectivement indiquées dans les figures 1 et 2, pour les particuliers comme pour les entreprises, et sont tirées des tableaux de prix NRG 202 à 205 d'Eurostat. ■



CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE, ET ÉCONOMIES DE COÛTS ET D'ÉMISSIONS DE GES EN RÉSULTANT

PLUS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE IMPLIQUE UNE DIMINUTION DES COMBUSTIBLES FOSSILES ET DES COÛTS ASSOCIÉS

Les progrès réalisés dans toute l'Union européenne en matière de déploiement des énergies renouvelables depuis 2005 s'expliquent principalement par l'existence d'objectifs nationaux contraignants d'abord fixés pour 2020 par la directive 2009/28/CE relative aux énergies renouvelables, ou « directive EnR ».

À l'horizon 2030, la directive RED II (directive (UE) 2018/2001) a imposé un objectif contraignant pour toute l'Union européenne de 32 % d'EnR dans la consommation énergétique finale brute. Les États membres ont dû proposer un niveau indicatif d'effort en matière de renouvelables pour contribuer à cet objectif européen dans leurs premiers PNEC¹ avant fin 2019. La Commission européenne a toutefois adopté mi-2021 le paquet « Fit for 55 », qui adapte la législation actuelle sur le climat et l'énergie pour atteindre le nouvel objectif européen de réduction de 55 % minimum des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030. La révision de la directive EnR (RED II) constitue un élément clé du paquet « Fit for 55 » et fixe un nouvel objectif européen à 40 % minimum de part d'EnR dans la consommation énergétique finale d'ici 2030, avec de nouveaux objectifs sectoriels. Dans le

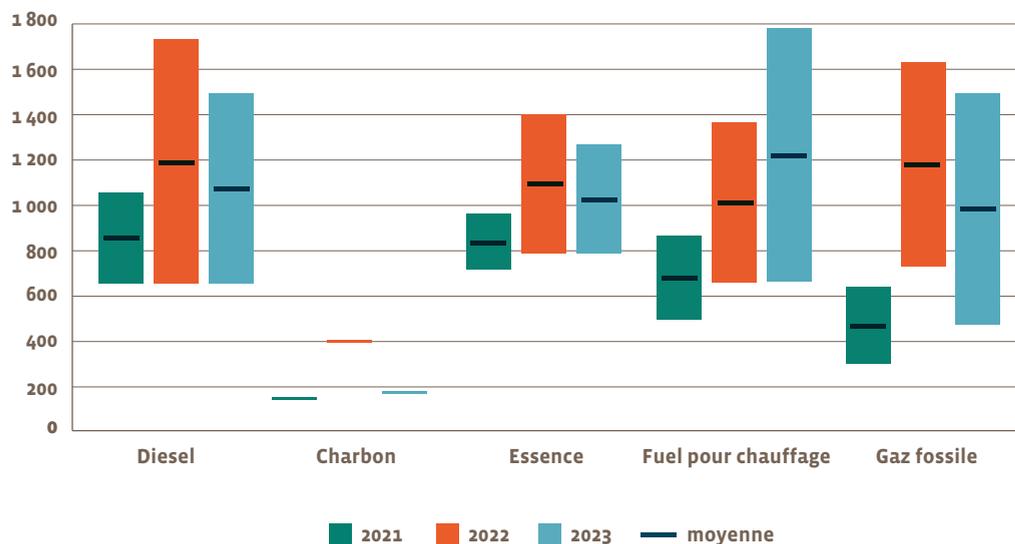
cadre du plan REPowerEU (mai 2022), la Commission a proposé de relever cet objectif à une part de 45 % d'EnR d'ici 2030. Suite aux négociations tripartites entre le Parlement, le Conseil et la Commission conduites en 2023, la directive révisée (UE) 2023/2413 est entrée en vigueur le 20 novembre 2023. Elle fixe un objectif contraignant d'au moins 42,5 % d'énergie renouvelable à l'échelle de l'UE d'ici 2030 (mais vise 45 %) et aspire à installer au moins 5 % de nouvelle capacité renouvelable à la technologie innovante d'ici 2030.

Des instruments de soutien nationaux, comme des tarifs d'achat, primes d'achat, systèmes d'enchères/appels d'offres, quotas, crédits d'impôt et subventions, ont été mis en place pour répondre aux objectifs.

L'augmentation de l'utilisation d'énergie renouvelable a conduit à une baisse de la consommation de combustibles fossiles, qu'ils soient issus du marché intérieur ou importés. Dans le présent chapitre, les combustibles fossiles et les déchets non

1. *Plans nationaux énergie-climat*; https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en

Fourchette de prix des combustibles fossiles dans l'Union européenne (hors taxes et prélèvements) (en M€/Mtep)



Sources : Eurostat, Commission européenne, Nasdaq

renouvelables sont collectivement dénommés « combustibles fossiles ». Les coûts évités font référence aux dépenses qui n'ont pas eu lieu, du fait des combustibles fossiles évités. Pour estimer ces coûts évités, on a multiplié les quantités cumulées de combustibles fossiles évités par les niveaux de prix des combustibles correspondants, observés dans les différents pays.

La quantité de combustibles fossiles évités est analysée chaque année par l'Agence européenne pour l'environnement (« Renewable energy in Europe 2024 – Recent growth and knock-on effects », AEE, 2024). Les types de combustibles fossiles concernés sont les carburants pour le transport (diesel et essence), ceux pour le chauffage (combustibles gazeux, produits pétroliers et déchets non renouvelables) et ceux utilisés pour la production d'électricité (mélange de produits gazeux, solides et pétroliers). Les analyses présentées dans cette section s'appuient sur les données de l'AEE.

Les coûts des combustibles fossiles évités sont basés sur les prix nationaux des combustibles, issus de différentes sources (Eurostat, Commission européenne, Nasdaq). La figure ci-dessous présente les fourchettes de prix des combustibles observées dans les 27 États

membres de l'Union européenne en 2021, 2022 et 2023 pour cinq vecteurs énergétiques : le charbon, le diesel, l'essence, le gaz naturel et le fioul. Les prix du charbon font référence aux prix de gros. Pour le charbon, aucun tarif spécifique par pays n'est disponible dans les sources consultées, c'est donc le prix européen qui a été utilisé. Les prix de gros du gaz ne sont pas disponibles en série chronologique et sont donc estimés pour la tranche de consommation I5² des clients non résidentiels. Les prix de gros des carburants pour le transport et le chauffage n'étant pas disponibles, ils ont été remplacés par les prix de détail. Ces cinq vecteurs sont supposés couvrir, de façon acceptable, les combustibles présentés dans le rapport de l'AEE (AEE, 2024). Il convient de noter que le prix des déchets non renouvelables n'a pas été évalué ici car, habituellement, la fixation du tarif des déchets est une question locale, qui n'est pas vraiment soumise à l'influence du marché mondial.

2. Tranche de consommation I5 : 1 000 000 GJ < Consommation < 4 000 000 GJ, prix du gaz pour les clients non résidentiels, nrg_pc_203, Eurostat.



Si l'on examine les différents vecteurs énergétiques et leurs ratios, on constate que les prix de tous les combustibles fossiles (hormis le gaz naturel) ont baissé dans une certaine mesure en 2023, après avoir fortement augmenté en 2022 sous l'effet de la reprise économique consécutive à la crise du Covid et de l'invasion de

l'Ukraine par la Russie qui a encore fait grimper les prix. Les prix observés des combustibles diffèrent énormément d'un État membre à l'autre, fluctuent au cours de l'année et sur des fourchettes plus étendues depuis 2021.

Notes méthodologiques

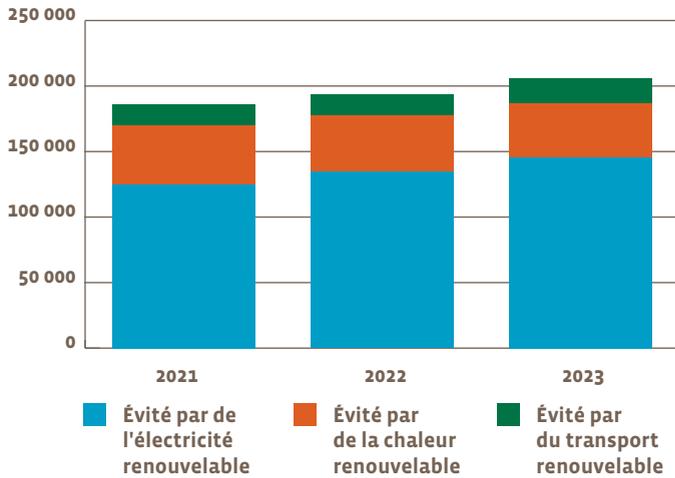
- L'analyse, axée sur l'échelon national, quantifie les coûts évités dans le cas où tous les vecteurs énergétiques fossiles sont achetés à l'étranger. Par conséquent, tous les prix des combustibles considérés excluent taxes et prélèvements. De plus, nous ne différencions pas les valeurs calorifiques des combustibles selon leur origine ou leur qualité.
- Pour les pays qui produisent leurs propres combustibles fossiles, l'analyse est similaire et aucune correction n'est apportée aux ressources autochtones.
- L'année 2005 sert de référence, car les progrès réalisés à travers l'Union européenne dans le déploiement des énergies renouvelables depuis 2005 découlent en grande partie de l'existence d'objectifs nationaux contraignants pour 2020 et 2030. Cela correspond à l'évolution indiquée par l'Agence européenne pour l'environnement (AEE, 2024).
- Les coûts évités du fait de la substitution du gaz naturel par le gaz de synthèse (syngaz) ne sont pas quantifiés explicitement.
- Seul l'impact sur le remplacement des combustibles fossiles est traité : dans le mix électrique, l'énergie nucléaire n'est pas prise en compte.
- La tarification des déchets non renouvelables n'est pas simple ; cet impact n'est donc pas quantifié en termes monétaires.
- Concernant les biocarburants liquides, seuls sont inclus ceux qui sont conformes à la directive (UE) 2018/2001.
- Les données font référence à des valeurs normalisées pour l'énergie hydroélectrique et l'énergie éolienne.
- Les données énergétiques (Mtep) peuvent différer des totaux mentionnés dans d'autres parties du présent baromètre EurObserv'ER, car ce n'est pas le même ensemble de données de base qui a été utilisé. Les estimations 2023 sont des approximations, empruntées à l'AEE (2024).
- Les effets bruts de la consommation d'énergie renouvelable sur les émissions de GES reposent sur des données mises à disposition par Eurostat pour la consommation d'énergie primaire et sur les facteurs d'émission de CO₂ par type de combustible (t CO₂/TJ ; voir Annexe VI du Règlement (UE) n° 601/2012 de la Commission). L'expression « émissions brutes de GES évitées » illustre le caractère théorique des effets des GES estimés de cette façon, car ces contributions ne représentent pas nécessairement les « économies nettes de GES » et ne reposent pas sur l'estimation du cycle de vie ou le bilan carbone complet. Tenir compte du cycle de vie des émissions pourrait produire des résultats sensiblement différents.

- On considère que les contributions des vecteurs énergétiques renouvelables (RES-E, RES-H/C et RES-T) au mix énergétique global ont remplacé les contributions qui auraient sinon été obtenues par les vecteurs énergétiques initiaux (combustibles pour l'électricité, le chauffage et les transports) :
 - pour l'électricité renouvelable (RES-E), un facteur de génération d'émissions moyennes pondérées est déterminé. Il s'agit d'un facteur d'émissions pondérées à partir du type de combustible utilisé pour produire de l'électricité dans chaque pays, sur une base annuelle. Pour cela, les technologies/combustibles suivants sont exclus : le nucléaire (généralement utilisé comme une capacité de production en continu « must-run »), la production d'électricité renouvelable (il est actuellement peu probable que des centrales d'énergie renouvelable soient remplacées par de nouvelles capacités renouvelables), le gaz de haut-fourneau (considéré comme un résidu qui peut être utilisé ou torché). Tous les autres combustibles et technologies sont inclus ;
 - pour les chauffage et refroidissement renouvelables (RES-H/C), des facteurs d'émission spécifiques à chaque pays sont calculés pour le chauffage (EFh), avec une approche similaire à celle utilisée pour déterminer les valeurs de référence du vecteur énergétique initial d'électricité, de manière à refléter les différences de mix de combustibles entre les États membres ;
 - pour les transports renouvelables (RES-T), l'hypothèse est simple : les carburants renouvelables destinés au transport (essentiellement le biodiesel et le bioéthanol) remplacent à l'identique les carburants conventionnels (essence et gazole), en fonction de leur valeur énergétique spécifique.
 - En l'absence d'informations spécifiques sur les systèmes bioénergétiques actuels, les émissions de CO₂ issues de la combustion de biomasse (sous formes solide, liquide et gazeuse) ne sont pas comprises dans les émissions totales de GES nationales, et un facteur nul d'émission a été appliqué à toutes les utilisations énergétiques de biomasse. Une description détaillée de la méthode d'estimation des émissions de GES évitées figure dans le premier rapport sur l'énergie renouvelable en Europe (« Renewable energy in Europe », 2015²) à la p. 40 (chapitre 3.3.1 « The Eurostat based method »).
1. RES-E : électricité renouvelable ; RES-H/C : chauffage et refroidissement renouvelables ; RES-T : énergie renouvelable utilisée par les transports.
 2. « Renewable energy in Europe — Approximated recent growth and knock-on effects », rapport technique de l'AEE No 1/2015, Agence européenne pour l'environnement (europa.eu).

En 2023 et 2022, l'utilisation d'énergie renouvelable a respectivement remplacé environ 206 Mtep et 194 Mtep de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 165 milliards d'euros en 2022 pour les 27 États membres de l'UE, et de 117 milliards d'euros en 2023. En 2022, les contributions financières les plus importantes proviennent de l'électricité et de la chaleur renouvelables (avec des parts à peu près égales représentant environ 87 % des dépenses évitées). Entre 2022 et 2023, les contributions financières issues des filières d'électricité et de chaleur renouvelables ont légèrement diminué à 82 % en raison de baisses, relativement plus faibles, dans les contributions financières issues des carburants fossiles pour le transport.

2

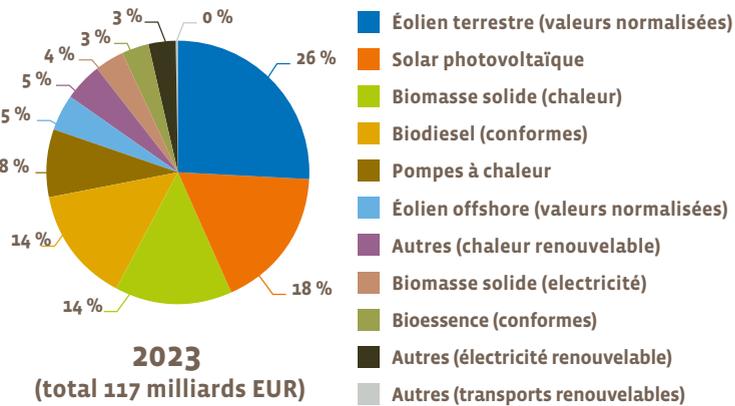
Combustibles fossiles évités par secteur dans l'Union européenne (en ktep)



Remarque : année de référence 2005. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

3

Dépenses évitées dans l'UE à 27 grâce aux énergies renouvelables



Remarque : année de référence 2005. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

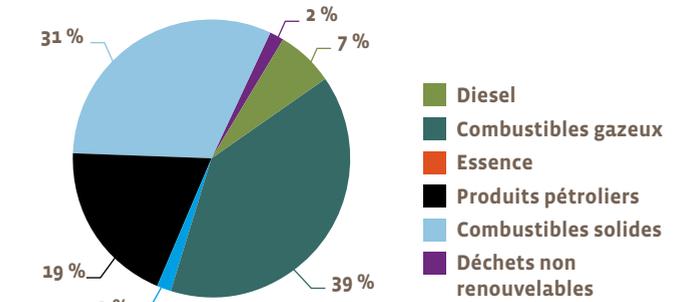
4

Énergies fossiles substituées dans l'UE en 2022 et 2023

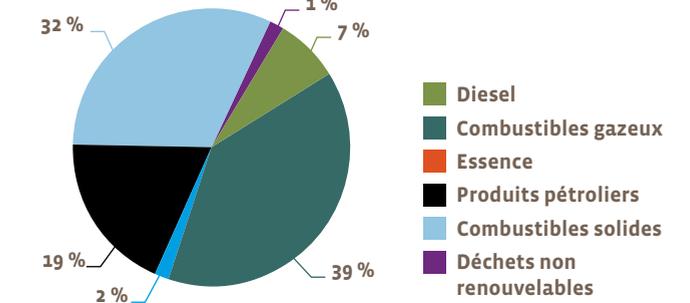
CONSUMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET COÛTS ÉVITÉS PAR TECHNOLOGIE

La consommation d'électricité renouvelable a contribué à hauteur de 71 % au total des combustibles fossiles évités en 2023 (en matière d'énergie). Les énergies renouvelables dans le secteur du chauffage et du refroidissement y ont contribué à hauteur de 20 % et les carburants renouvelables ont constitué la part restante (9 %, seuls sont inclus les carburants conformes à la directive (UE) 2018/2001). Les coûts évités dans le secteur de l'électricité représentaient, en termes monétaires, 96,7 milliards d'euros en 2022 et 64,4 milliards d'euros en 2023. Dans le chauffage renouvelable, les coûts évités atteignaient 47 milliards d'euros en 2022 et 32 milliards d'euros en 2023. Enfin, pour le transport renouvelable, le coût évité s'élevait à 17,5 milliards d'euros en 2022 et 20,9 milliards d'euros en 2023. Pour interpréter correctement ces résultats, il est important de tenir compte d'un certain nombre de remarques méthodologiques, mentionnées dans l'encadré en début de chapitre.

Alors que la pénétration des énergies renouvelables (exprimée en combustibles fossiles évités) a progressé d'environ 6 % entre 2022 et 2023, l'effet sur les dépenses évitées a été plus prononcé que la croissance des énergies renouvelables, avec une baisse de 29 % (de 165 milliards d'euros à 117 milliards d'euros). Cela s'explique par la forte baisse des prix des combustibles fossiles entre 2022 et 2023. Parmi les technologies énergétiques renouvelables, l'éolien terrestre a évité l'achat de combustibles fossiles à hauteur de



2022 (total 194 Mtep)



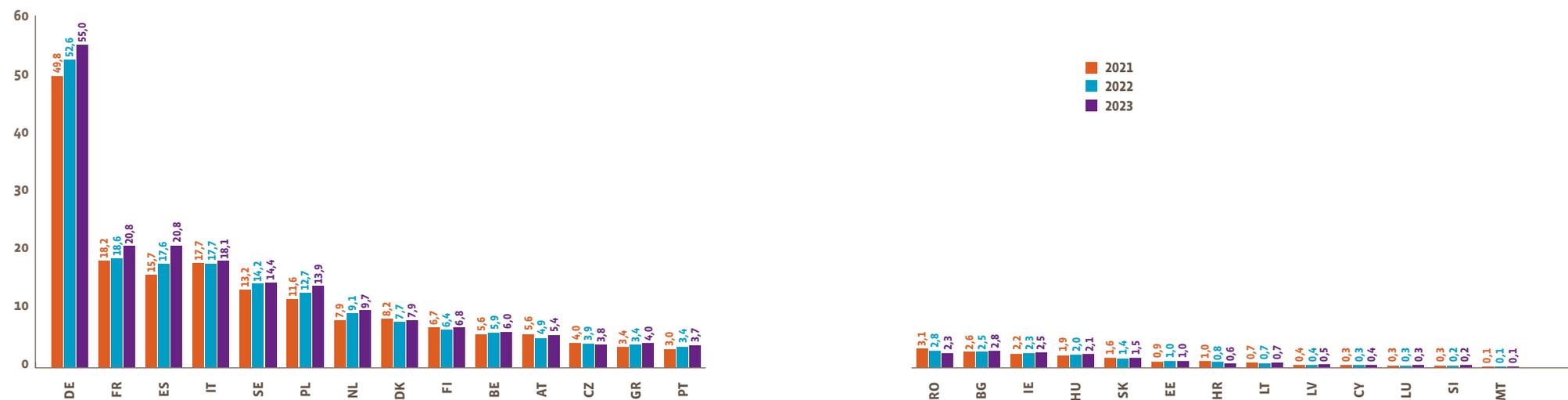
2023 (total 206 Mtep)

Remarque : année de référence 2005. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

30,4 milliards d'euros en 2023 (45 milliards d'euros en 2022, production normalisée pour les deux années) par rapport à 2005. Quant au solaire photovoltaïque, il a permis d'économiser 20,6 milliards d'euros en 2023 (28 milliards en 2022). La biomasse solide destinée à la production de chaleur arrive en troisième position avec 17 milliards d'euros de coûts évités en 2023 (27,4 milliards d'euros en 2022). Le camembert illustre la part de chaque technologie dans le total

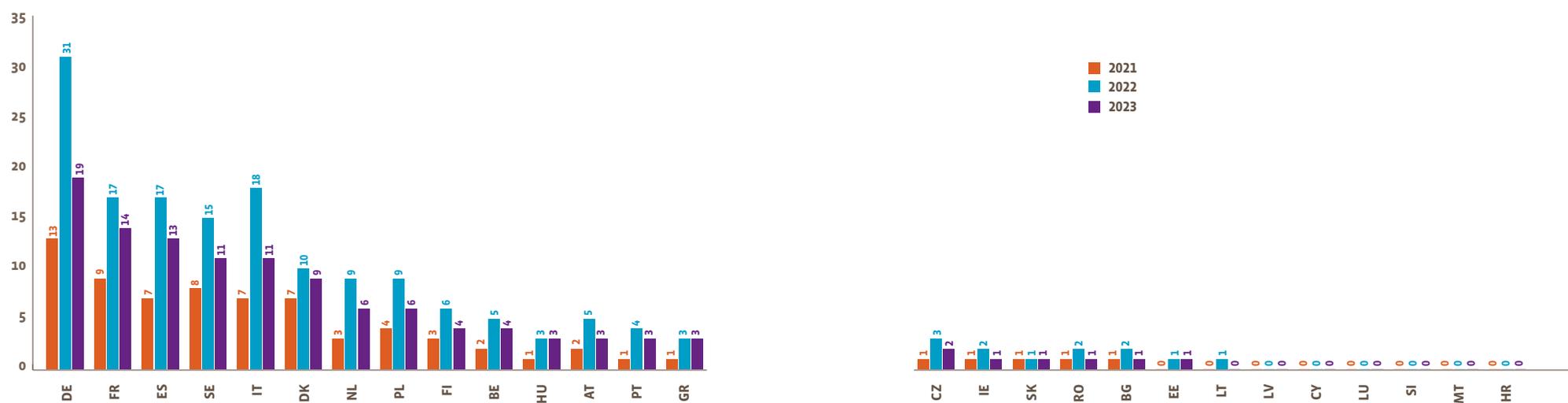
des dépenses évitées en 2023. Les combustibles fossiles évités sont majoritairement le gaz naturel (39 % en 2022 et 2023), suivi des combustibles solides (principalement le charbon, 31 % en 2022 et 32 % en 2023). Les produits pétroliers évités représentent 19 % en 2022 comme en 2023. Les autres combustibles (carburants pour le transport et déchets non renouvelables) couvrent la partie restante (11 % en 2022 et 10 % en 2023).

Combustibles fossiles évités par pays (en Mtep)



Remarque : année de référence 2005. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE ; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

Dépenses évitées par pays (Mds €)



Remarque : année de référence 2005. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE ; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉS ET DÉPENSES ÉVITÉES PAR ÉTAT MEMBRE

Au niveau des États membres, l'estimation des quantités et des coûts évités est expliquée dans la note méthodologique. On remarquera qu'il existe une forte corrélation entre le montant évité et la taille du pays.

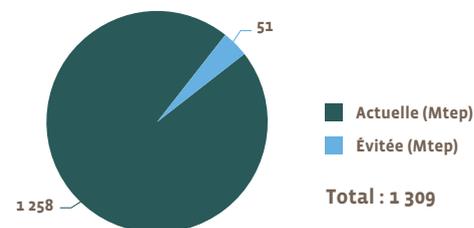
Comme on peut s'y attendre, les coûts évités suivent l'évolution des prix des combustibles fossiles, les prix de 2023 étant inférieurs à ceux de 2022.

Les résultats permettent d'observer que les pays affichant les plus grandes quantités de combustibles fossiles évités ne sont pas nécessairement ceux avec le plus de dépenses évitées. Cela s'explique par le fait que ces pays affichent généralement une croissance relativement inférieure en matière de biocarburants pour remplacer les combustibles fossiles chers, comme le gazole et l'essence. Ces données sont représentées dans les figures 5 et 6.

Ensuite, les figures 7 et 8 indiquent la proportion estimée de combustibles évités grâce à l'augmentation de la consommation d'EnR depuis 2005 par rapport à la consommation totale de combustible dans l'Union européenne. Il est pertinent de comparer la consommation de combustible évitée avec la consommation d'énergie primaire. Celle-ci indique en effet la consommation intérieure brute excluant toute utilisation non énergétique des vecteurs énergétiques (par exemple, le gaz naturel utilisé non pour la combustion, mais pour la production de produits chimiques).

7

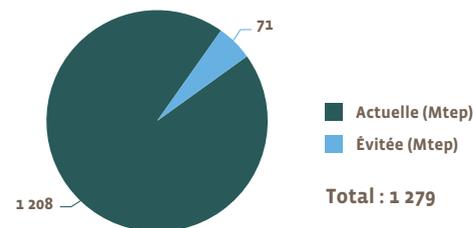
Effet sur la consommation d'énergie primaire (en Mtep) en 2022



Remarque : année de référence 2005. Source : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

8

Effet sur la consommation d'énergie primaire (en Mtep) en 2023



Remarque : année de référence 2005. Source : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

Consommation de combustibles fossiles évitée, et économies de coûts et d'émissions de GES en résultant

ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉES DANS L'UE ET PAR ÉTAT MEMBRE

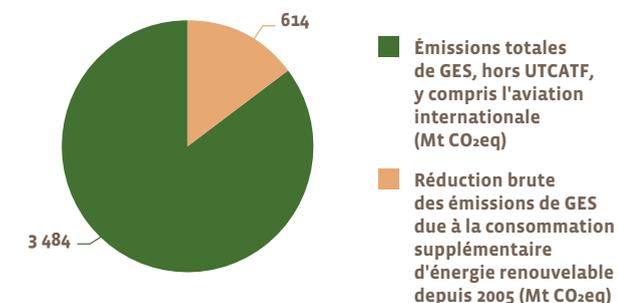
Enfin, les figures 9 à 11 indiquent les économies d'émissions des GES estimées en 2022 et 2023 grâce à l'augmentation de la consommation d'énergies renouvelables depuis 2005, pour l'Union européenne dans son ensemble et par État membre.

Pour l'UE en 2023, les émissions brutes de gaz à effet de serre ont baissé de 653 Mt de CO₂eq grâce à la consommation d'énergie renouvelable additionnelle. Alors que les émissions totales de GES de l'UE étaient d'environ 3 239 t de CO₂eq en 2023, l'adoption d'énergie renouvelable additionnelle a permis une réduction des émissions brutes de GES de 16,8 % en 2023 par rapport à l'année 2005 de référence.

La réduction brute des émissions de GES provoquée par la consommation additionnelle d'énergie renouvelable est passée de 614 Mt de CO₂eq en 2022 à environ 653 Mt de CO₂eq en 2023.

9

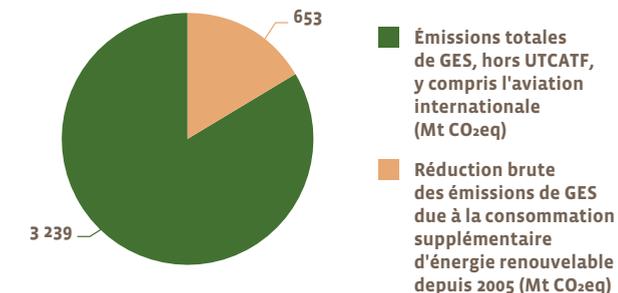
Effet sur les émissions de GES dans l'UE 27 en 2022



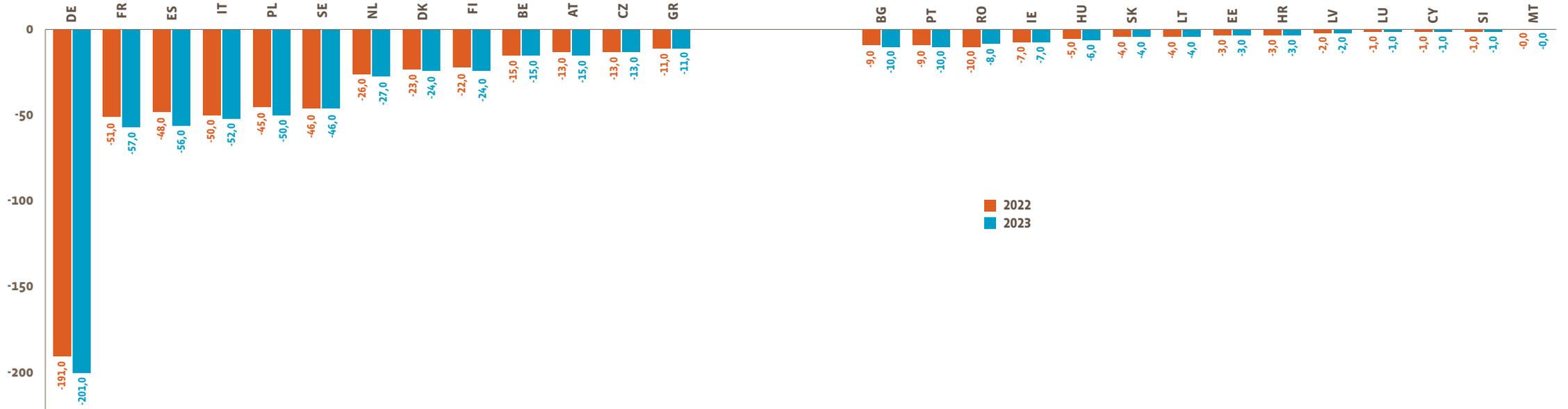
Remarque : année de référence 2005. Source : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

10

Effet sur les émissions de GES dans l'UE 27 en 2023



Remarque : année de référence 2005. Source : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées

Estimation de la réduction brute d'émission de GES, due à l'adoption des énergies renouvelables, par pays (en Mt CO₂)

Remarque : année de référence 2005. Source : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE ; remarque : pour 2023, des données estimatives ont été utilisées.

En matière d'émissions brutes de GES évitées en 2023, les pays affichant les réductions estimées les plus importantes sont l'Allemagne (201 Mt de CO₂eq), la France et l'Espagne (toutes deux autour de 57 Mt de CO₂eq) et l'Italie (52 Mt de CO₂eq). ■



INDICATEURS D'INNOVATION ET DE COMPÉTITIVITÉ

L'union de l'énergie s'efforce de fournir un approvisionnement sûr, durable et abordable. Pour cela, elle compte sur une utilisation plus large des énergies renouvelables, une meilleure efficacité énergétique et une plus grande intégration et compétitivité du marché communautaire de l'énergie. La transition énergétique crée de nouveaux emplois et de la croissance, mais représente aussi un investissement pour l'avenir de l'Europe, comme l'a indiqué la Commission européenne. Cette vision est également étayée par la théorie économique, qui considère les dépenses dans la recherche et le développement comme des investissements dans de meilleurs procédés, produits ou services susceptibles de créer de nouveaux marchés ou d'augmenter les parts de marché existantes, afin de renforcer la compétitivité des entreprises, des filières et des nations.

En matière de technologies renouvelables, les investissements dans la recherche et le développement (R&D) sont le moteur des innovations et se mesurent généralement grâce au nombre de demandes de brevets ou à la part de ces demandes dans chaque filière. La compétitivité des technologies renouvelables, à savoir les performances sur le marché des innovations issues de leur R&D, peut quant à elle être mesurée en analysant leurs parts de marché. Les chapitres suivants présentent les trois indicateurs utilisés : les dépenses dans la R&D (publiques et privées), qui montrent les investissements ou les efforts des pays en faveur des technologies renouvelables, les demandes de brevets, qui reflètent les résultats de la R&D, et enfin, les parts de marché des technologies renouvelables, qui témoignent de la compétitivité d'un pays sur ces produits.

Investissements dans la R&D

Généralement, on considère que les investissements dans la R&D et l'innovation constituent la base des évolutions technologiques et donc de la compétitivité. Par conséquent, ils sont un facteur ou un moteur essentiel de la croissance économique. D'un point de vue macroéconomique, les investissements dans

la R&D peuvent être considérés comme un indicateur majeur permettant d'évaluer les performances d'innovation ou les systèmes d'innovation d'une économie. Cela permet d'évaluer la position d'un pays dans la compétition internationale en termes d'innovation.

Note méthodologique

Globalement, les dépenses de R&D sont financées par des ressources publiques et privées, et les activités de R&D sont mises en œuvre à la fois par les secteurs privé (les entreprises) et public (le gouvernement et l'enseignement supérieur). Cette différenciation entre financement (zone grise) et mise en œuvre (zone blanche) est illustrée dans la figure 1. Dans la présente section, nous analyserons les dépenses publiques et privées de R&D d'un ensemble de pays donné, dans le domaine des technologies d'énergie renouvelable, c'est-à-dire

en prenant en compte les investissements dans la recherche issus du secteur public (zone gris clair de la figure 1). Les investissements du secteur public dans la R&D sont censés dynamiser l'innovation dans le secteur privé. Bien que l'impact de ces investissements publics soit très peu connu, leur vocation est d'inciter le secteur privé à prendre la relève, et de générer des retombées positives. Pour l'élaboration du présent rapport, les données relatives aux investissements publics et privés ont été fournies par le Centre commun de recherche/

Financement et exécution de la R&D par secteur

| | Dépense R&D totale | | |
|---------------|--------------------|--------------|------------------------|
| Financement | Entreprises | Gouvernement | |
| Mise en œuvre | Entreprises | Gouvernement | Enseignement supérieur |

Setis (CCR ou JRC en anglais). Elles se fondent sur les statistiques de l'IEA, qui collecte et décrit les investissements nationaux dans la R&D. Elles couvrent vingt États membres de l'Union européenne et offrent une régularité et un niveau de détail variables selon les technologies abordées. La Commission européenne possède en outre un budget distinct pour les dépenses de R&D, mentionné comme un pays à part, sans corrélation avec les totaux des 27 États membres de l'UE. Cependant, il faut compter un délai de deux ans pour obtenir les chiffres de la plupart des États membres. Ainsi, nous disposons de données exhaustives pour 2021, mais celles de 2022 restent pour le moment incomplètes. Pour les chiffres de la recherche privée, les délais sont encore plus longs (2020 et 2021), car l'évaluation du JRC se base sur les données relatives aux brevets. La méthodologie est décrite de façon plus détaillée dans le rapport du JRC intitulé « JRC science for policy report, monitoring R&D in low carbon energy technologies: methodology for the R&I indicators in the state of the Energy Union Report – 2016 edition ». Les États membres complètent les données manquantes par le biais du groupe de pilotage

du plan SET, ou par l'extraction de données (data mining). Il existe également un certain retard dans la communication des données, qui varie selon les États membres. C'est pourquoi nous avons choisi les années les plus récentes pour lesquelles les données sont les plus disponibles. Ces années sont 2021 et 2022 pour la R&D publique, et 2020 et 2021 pour la R&D privée et les indicateurs de brevets (à noter que les données sont provisoires).

Outre la fourniture de statistiques en valeur absolue (en €), la part des dépenses publiques de R&D est calculée par rapport au PIB des pays concernés (en %), ce qui offre un aperçu du montant relatif des investissements nationaux dans les technologies renouvelables. Pour le PIB, nous avons utilisé les données de la Banque mondiale (à la fois les valeurs en dollars courants et les taux de conversion annuels moyens des dollars en euros).

1. IEA. International Energy Agency RD&D Online Data Service.
2. A. Fiorini, A. Georgakaki, F. Pasimeni, E. Tzimas, « Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies », EUR 2846 EN (2017), doi: 10.2760/447418.

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA R&D

Les investissements publics dans la R&D sont détaillés par technologie renouvelable pour les années 2021 et 2022.

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

Les investissements privés dans la R&D sont détaillés par technologie renouvelable. Pour les pays de l'Union européenne, seuls les chiffres de 2020 et 2021 sont disponibles.

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

L'ÉNERGIE SOLAIRE

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | |
|-----------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|--|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| UE 27 | Allemagne | 103,88 | 83,99 | 0,00 % | 0,00 % |
| | France | 76,44 | 79,49 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Espagne | 40,22 | 40,46 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 21,19 | 29,34 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 4,81 | 11,06 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suède | 11,23 | 8,95 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pologne | 8,25 | 7,43 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Belgique | 0,36 | 4,69 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Danemark | 3,06 | 3,02 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 4,44 | 2,8 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Lituanie | 1,02 | 2,24 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Irlande | 0,67 | 1,28 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Estonie | 0,26 | 0,59 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Tchéquie | 0,99 | 0,53 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Slovaquie | 0,3 | 0,42 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Hongrie | 6,27 | 0,08 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Italie | 50,98 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| Total UE 27 | 334,36 | 276,37 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Commission européenne | | 112,52 | 251,22 | 0,00 % | 0,00 % |
| Autres Pays | États-Unis | 236,88 | 276,02 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Corée du Sud | 63,23 | 61,7 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suisse | 37,7 | 38,96 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Canada | 32,61 | 30,81 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Japon | 27,6 | 25,63 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 23,86 | 25,13 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Royaume-Uni | 28,02 | 18,76 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Norvège | 10,72 | 9,69 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Turquie | 5,44 | 2,13 | 0,00 % | 0,00 % |
| | N.-Zélande | 0,42 | 0,33 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'énergie solaire, l'UE arrive en tête des investissements publics dans la R&D en cumulant les résultats de ses États membres. Les États-Unis se classent en deuxième position, et les investissements de la Commission européenne en troisième. Ce trio de tête reste le même pour 2021 et 2022. La Corée arrive ensuite, devant un groupe constitué de la Suisse, du Canada, du Royaume-Uni, du Japon et de l'Australie. Au sein de l'Union européenne, les plus gros acteurs sont l'Allemagne et la France, devant l'Espagne. Pour la plupart des pays, les chiffres de 2021 et 2022 sont relativement proches, à quelques exceptions près pour la Commission européenne qui enregistre, de loin, la plus forte augmentation (et les États-Unis dans une moindre mesure) et les membres de l'Union européenne qui affichent une baisse notable (principalement l'Allemagne et l'Italie, même si pour cette dernière, cela peut être dû à l'absence de données).

En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Suisse arrive en tête, devant la Corée et la Lituanie en 2022, alors qu'elle était talonnée par la Hongrie et la Corée en 2021. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que le solaire est l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements publics.

Les données ne sont pas disponibles pour la Chine ni pour divers autres pays. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

LA GÉOTHERMIE

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|--|---------------|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 | |
| UE 27 | Allemagne | 24,89 | 26,23 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Pays-Bas | 4,71 | 18,95 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | France | 10,26 | 10,44 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Pologne | 0,53 | 3,29 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Autriche | 0,57 | 2,03 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Irlande | 1,16 | 1,69 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Belgique | n.d.* | 1,2 | n.d.* | 0,00 % | |
| | Finlande | 0,67 | 1,08 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Tchéquie | 0,75 | 0,75 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Danemark | n.d.* | 0,33 | n.d.* | 0,00 % | |
| | Hongrie | 0,3 | 0,05 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Espagne | 0,32 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* | |
| | Suède | 0,23 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* | |
| | Total UE 27 | 44,38 | 66,04 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Commission européenne | | 13,08 | 18,12 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autres Pays | États-Unis | 89,68 | 104,22 | 0,00 % | 0,00 % |
| | | Japon | 16,34 | 16,66 | 0,00 % | 0,00 % |
| Suisse | | 8,21 | 12,95 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Canada | | 4,29 | 5,43 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Nouvelle-Zélande | | 3,54 | 3,61 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Norvège | | 1,34 | 1,72 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Royaume-Uni | | 1,03 | 1,45 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Autriche | | 0,06 | 1,17 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Corée du Sud | | 3,23 | 0,43 | 0,00 % | 0,00 % | |
| Turquie | | 0,08 | 0,03 | 0,00 % | 0,00 % | |

Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de la géothermie, les États-Unis arrivent en tête des investissements publics dans la R&D. Ils sont talonnés par l'UE (somme des résultats de ses États membres) et l'Allemagne, qui se classe en troisième position, à la fois en 2021 et en 2022.

Les chiffres de 2021 et 2022 sont relativement proches pour la plupart des pays, à quelques exceptions près pour les États-Unis, l'Union européenne (principalement avec les Pays-Bas), la Commission européenne et la Suisse, qui enregistrent une augmentation notable, tandis que la Corée affiche à l'inverse une baisse importante. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, les Pays-Bas devançant la Suisse et la Nouvelle-Zélande en 2022, alors que la Nouvelle-Zélande arrivait devant la Suisse et l'Allemagne en 2021.

Les données ne sont pas disponibles pour la Chine ni pour divers autres pays. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

L'HYDROÉLECTRICITÉ

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | |
|-----------------------|--------------|-----------------------------------|-------|--|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| UE 27 | Suède | 3,48 | 3,17 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 2,38 | 2,06 | 0,00 % | 0,00 % |
| | France | 3,59 | 1,87 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Tchéquie | 0,61 | 1,07 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pologne | 0,69 | 0,82 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Allemagne | 0,93 | 0,31 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 0,23 | 0,24 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Espagne | 2,26 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| Total UE 27 | | 0,96 | 18,03 | 0,00 % | 0,00 % |
| Commission européenne | | 14,17 | 9,55 | 0,00 % | 0,00 % |
| Autres Pays | Canada | 14,9 | 15,47 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suisse | 12,17 | 10,33 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Norvège | 7,84 | 8,19 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Corée du Sud | 4,28 | 2,59 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Turquie | 3,58 | 1,44 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Royaume-Uni | 0,11 | 0,28 | 0,00 % | 0,00 % |
| | N.-Zélande | 0,03 | 0,12 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 0,07 | 0,09 | 0,00 % | 0,00 % |
| | États-Unis | 115,83 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'hydroélectricité, les États-Unis arrivent en tête des investissements publics dans la R&D, avec une avance considérable, alors qu'ils ne disposent pas de données pour 2022. En 2022, la Commission européenne arrivait devant le Canada et la Suisse, tandis que les États-Unis devançaient de très loin le Canada et l'Union européenne en 2021.

En matière de changements, les plus importants sont la forte croissance pour la Commission européenne et la baisse enregistrée par l'Union européenne (principalement du fait de la baisse en France, mais l'absence de données disponibles pour l'Espagne peut aussi avoir joué un rôle), mais aussi l'absence de données pour les États-Unis en 2022.

En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Norvège arrive en tête, devant la Suisse et le Canada en 2021 comme en 2022. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'hydroélectricité constitue un secteur mineur pour l'investissement public.

Les données ne sont pas disponibles pour la Chine ni pour divers autres pays. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

LES BIOCARBURANTS

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | |
|-----------------------|------------------|-----------------------------------|--------|--|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| UE 27 | Espagne | 16,02 | 157,34 | 0,00 % | 0,01 % |
| | France | 62,6 | 61,47 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Allemagne | 64,95 | 45,68 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suède | 21,92 | 20,29 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pologne | 2 | 10,27 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 8,53 | 9,86 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 9,37 | 8,41 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 13,27 | 7,68 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Danemark | 23,05 | 4,64 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Tchéquie | 6,24 | 3,8 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Belgique | 0,12 | 3,45 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Irlande | 2,82 | 1,88 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Lituanie | 0,9 | 1,4 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Slovaquie | n.d.* | 0,04 | n.d.* | 0,00 % |
| | Italie | 25,14 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| Hongrie | 4,88 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* | |
| Total UE 27 | | 261,8 | 336,2 | 0,00 % | 0,00 % |
| Commission européenne | | 58,04 | 168,97 | 0,00 % | 0,00 % |
| Autres Pays | États-Unis | 215,73 | 249,37 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Japon | 69,36 | 92,88 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Norvège | 20,29 | 67,92 | 0,00 % | 0,01 % |
| | Canada | 45,74 | 58,81 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Royaume-Uni | 30,39 | 39,57 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suisse | 19,47 | 24,8 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Corée du Sud | 17,58 | 7,52 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Nouvelle-Zélande | 1,72 | 2,17 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 4,94 | 1,11 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Turquie | 0,19 | 0,31 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine des biocarburants, l'Union européenne (avec l'Espagne, l'Allemagne et la France comme principaux acteurs) arrive en tête des investissements publics dans la R&D en 2021 et 2022, devant les États-Unis. Loin derrière, la Commission européenne se classe troisième en 2022, à la place occupée par le Japon en 2021. Les tendances se divisent en deux grands groupes, à la hausse ou à la baisse, entre 2021 et 2022. La croissance a enregistré une hausse en Espagne (de loin la plus forte enregistrée), en Pologne, en Belgique, dans la Commission européenne et en Norvège. Les baisses sont les plus remarquables en Allemagne, aux Pays-Bas, au Danemark et en Corée du Sud.

En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, l'Espagne arrive loin devant la Suède, les Pays-Bas et la Suisse en 2022, alors qu'en 2021, le Danemark se classait devant la Norvège et la Suède. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que les biocarburants sont l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements publics.

Les données ne sont pas disponibles pour la Chine ni pour divers autres pays. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

L'ÉOLIEN

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | |
|-----------------------|--------------|-----------------------------------|--------|--|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| UE 27 | France | 30,65 | 115,85 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Allemagne | 82,87 | 89,19 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Espagne | 12 | 38,4 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 14,15 | 37,82 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Belgique | 6,9 | 20,55 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Danemark | 17,14 | 17,93 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Irlande | 2,47 | 4,75 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suède | 3,96 | 3,52 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Autriche | 2,39 | 2,2 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pologne | 0,53 | 1,44 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 2,05 | 1,44 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Hongrie | 0,01 | 0,33 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Tchéquie | 0,13 | 0,05 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Lituanie | 0,33 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| Total UE 27 | | 175,58 | 333,44 | 0,00 % | 0,00 % |
| Commission européenne | | 88,27 | 170,09 | 0,00 % | 0,00 % |
| Autres Pays | États-Unis | 93,06 | 108,51 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Japon | 170,83 | 93,86 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Corée du Sud | 57,18 | 55,83 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Royaume-Uni | 43,26 | 46,27 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Norvège | 21,37 | 12,26 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Canada | 6,53 | 6,68 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'éolien, l'UE arrive en tête des investissements publics dans la R&D en cumulant les résultats de ses États membres, principalement sous l'impulsion de la France et de l'Allemagne. La Commission européenne, les États-Unis et le Japon suivent derrière en 2022, dans un ordre inverse à celui de 2021. Les tendances se divisent en deux grands groupes, à la hausse ou à la baisse, entre 2021 et 2022. La France, l'Espagne, les Pays-Bas, la Belgique et la Commission européenne ont enregistré une hausse. Les baisses sont quant à elles les plus remarquables au Japon et en Norvège. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, le Danemark arrive devant la France et la Corée en 2022, tandis que la Norvège était en tête en 2021, devant le Danemark et le Japon. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'éolien est l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements publics. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

L'ÉNERGIE OCÉANIQUE

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------------------|-------|--|--------|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 | |
| UE 27 | Espagne | 3,37 | 29,06 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | France | 12,24 | 10,8 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Irlande | 2,23 | 3,12 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Danemark | 0,03 | 2,89 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Suède | 4,52 | 2,4 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Pays-Bas | n.d.* | 0,14 | n.d.* | 0,00 % | |
| | Pologne | 0,02 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* | |
| | Total UE 27 | | 11,56 | 56,08 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Commission européenne | | 22,41 | 48,4 | 0,00 % | 0,00 % |
| Autres Pays | Royaume-Uni | 19,23 | 12,09 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Canada | 7,74 | 9,41 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Japon | 3,18 | 7,12 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Autriche | 0,14 | 0,25 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Norvège | 0,1 | 0,1 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | Turquie | 0,04 | 0,03 | 0,00 % | 0,00 % | |
| | États-Unis | 0 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* | |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'énergie océanique, la Commission européenne arrive en tête des investissements publics dans la R&D en 2022, devant l'Union européenne, en cumulant les résultats de ses États membres, principalement sous l'effet de l'Espagne (en 2022) et de la France (les deux années), dans l'ordre inverse à celui de 2021. Le Royaume-Uni se classe en troisième place les deux années. Les tendances se divisent en deux grands groupes, à la hausse ou à la baisse, entre 2021 et 2022. L'Espagne et la Commission européenne (ainsi que le Danemark et le Japon, dans une moindre mesure) ont enregistré une hausse. Les baisses sont quant à elles les plus remarquables au Royaume-Uni et en Suède. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, l'Espagne devance, de loin, le Danemark et l'Irlande en 2022, alors que la Suède dominait en 2021, devant le Royaume-Uni et l'Irlande. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'énergie océanique constitue un secteur mineur pour l'investissement public. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

TOTAL DES TECHNOLOGIES
RENOUVELABLES

| | | Dépenses publiques de R&D (en M€) | | Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB | |
|-----------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|--|--------|
| | | 2021 | 2022 | 2021 | 2022 |
| UE 27 | France | 195,78 | 279,92 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Espagne | 74,19 | 265,26 | 0,01 % | 0,02 % |
| | Allemagne | 277,52 | 245,4 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Pays-Bas | 53,32 | 93,93 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Suède | 45,34 | 38,32 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Belgique | 7,37 | 29,89 | 0,00 % | 0,01 % |
| | Danemark | 43,28 | 28,81 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Autriche | 18,69 | 27,21 | 0,00 % | 0,01 % |
| | Pologne | 12,03 | 23,25 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 16,76 | 13,97 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Irlande | 9,35 | 12,71 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Tchéquie | 8,71 | 6,2 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Lituanie | 2,25 | 3,64 | 0,00 % | 0,01 % |
| | Estonie | 0,26 | 0,59 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Hongrie | 11,46 | 0,46 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Slovaquie | 0,3 | 0,45 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Bulgarie | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Grèce | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Croatie | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Italie | 76,12 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Chypre | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Lettonie | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Luxembourg | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Malte | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Portugal | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Roumanie | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Slovénie | 0 | 0 | 0,00 % | 0,00 % |
| Total UE 27 | 852,71 | 1 070 | 0,01 % | 0,01 % | |
| Commission européenne | 284,44 | 682,51 | 0,00 % | 0,00 % | |

Continue page suivante

Pour calculer le total, nous avons indiqué zéro pour les valeurs non disponibles pour éviter que seuls les pays qui ont investi dans toutes les technologies n'apparaissent dans les résultats. Cela signifie que certains chiffres peuvent être sous-estimés. Par exemple, les États-Unis ne disposent pas de données pour l'éolien en 2022, ce qui induit une baisse générale entre 2021 et 2022, alors que réduire leur effort dans la filière hydroélectrique ne serait-ce que de moitié aurait généré une augmentation globale. De même, l'Italie ne dispose d'aucune donnée pour 2022 alors qu'elle enregistrait un chiffre de 76 millions d'euros en 2021.

Les résultats cumulés des investissements publics dans la R&D pour toutes les technologies renouvelables montrent que l'Union européenne (avec la France, l'Espagne et l'Allemagne comme principaux contributeurs) arrive devant les États-Unis en 2022, suivis par la Commission européenne. En 2021, le Japon se classe juste devant la Commission européenne. Il convient de noter que les chiffres de 2022 des États-Unis sont probablement sous-estimés en raison de l'indisponibilité des données d'investissement dans l'hydroélectricité. Il en va de même pour l'Union européenne avec l'indisponibilité des données italiennes pour 2022. Les pays où les investissements publics ont le plus progressé sont la Commission européenne, l'Espagne, la France, les Pays-Bas et la Belgique. Les pays où les

| Autres Pays | États-Unis | 751,18 | 738,12 | 0,00 % | 0,00 % |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Japon | 287,3 | 236,16 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Corée du Sud | 145,5 | 128,07 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Canada | 111,81 | 126,61 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Royaume-Uni | 122,05 | 118,42 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Norvège | 61,65 | 99,88 | 0,01 % | 0,02 % |
| | Suisse | 86,4 | 93,21 | 0,01 % | 0,01 % |
| | Autriche | 29,61 | 28,49 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Nouvelle-Zélande | 5,71 | 6,3 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Turquie | 9,77 | 4,39 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

investissements publics ont le plus diminué sont le Danemark (avec une baisse dans les biocarburants) et la Hongrie (avec une baisse dans le solaire). À noter que la Hongrie manque de données sur les biocarburants en 2022, mais des données provisoires pour 2023 montrent que l'investissement semble avoir également baissé dans ce secteur (0,4 million d'euros).

En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, l'Espagne s'est classée devant la Norvège et la Suisse, alors que la Norvège arrivait devant la Suisse et le Danemark en 2021. Le solaire, les biocarburants et l'éolien sont les principaux contributeurs en matière d'investissement public, tandis que la géothermie, l'hydroélectricité et l'énergie océanique jouent un rôle mineur. ■



INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

L'ÉNERGIE SOLAIRE

| | | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|--------------------|-----------|---------------------------------|---------------|--|---------------|
| | | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | Allemagne | 770,6 | 166,72 | 0,02 % | 0,00 % |
| | France | 104,72 | 56,14 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Italie | 42,22 | 42,12 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 30,84 | 22,41 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suède | 46,47 | 16,11 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Autriche | 96,67 | 8,81 | 0,03 % | 0,00 % |
| | Espagne | 13,57 | 8,75 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 5,3 | 6,36 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Belgique | 10,99 | 4,78 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Grèce | 2,65 | 4,77 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Roumanie | n.d.* | 4,77 | n.d.* | 0,00 % |
| | Danemark | 8,38 | 1,19 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Bulgarie | 0,88 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | Estonie | 2,12 | n.d.* | 0,01 % | n.d.* |
| | Pologne | 8,17 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| Portugal | 1,32 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* | |
| Total UE 27 | | 1 144,91 | 342,95 | 0,01 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En matière d'investissement privé dans la R&D de l'énergie solaire, l'Allemagne devance de très loin tous les autres pays. La France arrive deuxième, devant l'Italie en 2021 et l'Autriche en 2020. Le changement le plus remarquable entre 2020 et 2021 est une forte baisse généralisée, plus particulièrement en Allemagne, en France, en Autriche et en Suède. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, l'Allemagne devance l'Autriche, la Belgique et la Grèce en 2021. En 2020, l'Autriche se classe devant l'Allemagne et la Suède. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que le solaire est l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements privés. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

LA GÉOTHERMIE

| | | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|-------|--------------------|---------------------------------|-------------|--|---------------|
| | | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | Suède | n.d.* | 7,77 | n.d.* | 0,00 % |
| | France | 2,79 | 4,45 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Italie | n.d.* | 2,77 | n.d.* | 0,00 % |
| | Luxembourg | n.d.* | 2,77 | n.d.* | 0,00 % |
| | Finlande | 1,7 | 2,77 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 2,12 | 0,24 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Allemagne | 2,55 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | Total UE 27 | | 9,17 | 20,76 | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En matière d'investissement privé dans la R&D de la géothermie, la Suède devance la France en 2021, tandis que la France devançait l'Allemagne en 2020. L'absence de données ne permet pas de réaliser une analyse en matière de variation (à la hausse ou à la baisse) ou d'investissement privé en fonction du PIB. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent que la géothermie constitue un secteur mineur pour l'investissement privé. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

L'HYDROÉLECTRICITÉ

| | | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|-------|--------------------|---------------------------------|--------------|--|---------------|
| | | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | Allemagne | 16,62 | 12,95 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Danemark | n.d.* | 2,37 | n.d.* | 0,00 % |
| | Autriche | n.d.* | 2,37 | n.d.* | 0,00 % |
| | Belgique | n.d.* | 2,14 | n.d.* | 0,00 % |
| | Italie | 3,9 | 2,14 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Irlande | n.d.* | 0,71 | n.d.* | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 0,24 | 0,47 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Espagne | 1,95 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | France | 4,16 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | Suède | 1,23 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | Total UE 27 | 28,1 | 23,15 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En matière d'investissement privé dans la R&D de l'hydroélectricité, l'Allemagne domine en 2020 et en 2021.

L'absence de données ne permet pas de réaliser une analyse en matière de variation (à la hausse ou à la baisse) ou d'investissement privé en fonction du PIB.

Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'hydroélectricité constitue un secteur mineur pour l'investissement privé. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

LES BIOCARBURANTS

| | | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|-------|--------------------|---------------------------------|---------------|--|---------------|
| | | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | Danemark | 155,14 | 57,61 | 0,05 % | 0,02 % |
| | Pays-Bas | 47,68 | 37,8 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Finlande | 44,24 | 31,88 | 0,02 % | 0,01 % |
| | Italie | 26,43 | 21,27 | 0,00 % | 0,00 % |
| | France | 58,16 | 20,5 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Allemagne | 39,36 | 16,53 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Suède | 48,87 | 9,02 | 0,01 % | 0,00 % |
| | Belgique | 3,48 | 6,9 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Espagne | 15,82 | 4,84 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Irlande | n.d.* | 4,43 | n.d.* | 0,00 % |
| | Hongrie | 27,54 | 4,43 | 0,02 % | 0,00 % |
| | Pologne | 5,01 | 4,43 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Portugal | n.d.* | 4,43 | n.d.* | 0,00 % |
| | Luxembourg | 10,47 | 2,37 | 0,02 % | 0,00 % |
| | Tchéquie | 5,01 | 2,22 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Chypre | 2,5 | n.d.* | 0,01 % | n.d.* |
| | Autriche | 9,26 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | Total UE 27 | 498,97 | 228,67 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En matière d'investissement privé dans la R&D des biocarburants, le Danemark est numéro un en 2021 et en 2020. Il est suivi par les Pays-Bas et la Finlande en 2021, et par la France, la Suède, les Pays-Bas et la Finlande en 2020.

Les données montrent une baisse généralisée, en particulier pour le Danemark, la France et l'Allemagne.

En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, le Danemark arrive en tête. Il est suivi par la Finlande et les Pays-Bas en 2021, et par la Hongrie et la Finlande en 2020. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

L'ÉOLIEN

| | | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|--------------------|----------------|---------------------------------|--------------|--|-------|
| | | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | Danemark | 628,2 | 712,3 | 0,2 % | 0,2 % |
| | Allemagne | 317,4 | 260,9 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Espagne | 124,2 | 220,8 | 0,0 % | 0,0 % |
| | France | 65,1 | 65,2 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Pays-Bas | 35,9 | 48,1 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Suède | 27,6 | 35,1 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Autriche | 37,0 | 12,1 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Belgique | 15,3 | 9,6 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Italie | 4,7 | 4,7 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Tchéquie | n.d.* | 2,7 | n.d.* | 0,0 % |
| | Chypre | n.d.* | 2,7 | n.d.* | 0,0 % |
| | Irlande | n.d.* | 2,3 | n.d.* | 0,0 % |
| | Finlande | 2,6 | 1,1 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Pologne | 3,4 | 0,7 | 0,0 % | 0,0 % |
| | Grèce | 1,2 | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Roumanie | 1,2 | n.d.* | 0,0 % | n.d.* | |
| Total UE 27 | 1 263,5 | 1 378,3 | 0,0 % | 0,0 % | |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En matière d'investissement privé dans la R&D de l'éolien, le Danemark arrive loin devant l'Allemagne et l'Espagne (les autres pays se classant loin derrière) en 2020 et 2021.

Les pays qui ont augmenté leurs investissements entre 2020 et 2021 sont : le Danemark, l'Espagne et les Pays-Bas. Les pays qui ont réduit leurs investissements sur la même période sont : l'Allemagne, l'Autriche et la Belgique.

En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, le Danemark arrive loin devant l'Espagne, et loin devant les valeurs de toutes les filières renouvelables dans n'importe quel pays. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'éolien est l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements privés. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

L'ÉNERGIE OCÉANIQUE

| | | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|-------|--------------------|---------------------------------|--------------|--|---------------|
| | | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | Italie | 3,48 | 16,89 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Danemark | 0,82 | 10,19 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Allemagne | n.d.* | 6,75 | n.d.* | 0,00 % |
| | Suède | 5,36 | 2,37 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Pays-Bas | 2,61 | 1,93 | 0,00 % | 0,00 % |
| | France | 4,72 | 0,24 | 0,00 % | 0,00 % |
| | Finlande | 2,9 | n.d.* | 0,00 % | n.d.* |
| | Total UE 27 | 19,89 | 38,37 | 0,00 % | 0,00 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En matière d'investissement privé dans la R&D de l'énergie océanique, l'Italie devance le Danemark et l'Allemagne en 2021, tandis que la Suède devançait la France et l'Italie en 2020.

L'Italie et le Danemark enregistrent une augmentation considérable entre 2020 et 2021, tandis que la France et la Suède accusent une baisse (ces conclusions pourraient toutefois être différentes si certains pays disposaient de données pour ces deux années).

En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, le Danemark devance l'Italie en 2021, alors que la Finlande et la Suède arrivent en tête en 2020. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'énergie océanique constitue un secteur mineur pour l'investissement privé. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

TOTAL DES TECHNOLOGIES
RENOUVELABLES

| | Dépenses privées de R&D (en M€) | | Part des dépenses privées de R&D dans le PIB | |
|--------------------|---------------------------------|----------------|--|---------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| Danemark | 792,5 | 783,7 | 0,25 % | 0,23 % |
| Allemagne | 1 146,5 | 463,9 | 0,03 % | 0,01 % |
| Espagne | 155,6 | 234,4 | 0,01 % | 0,02 % |
| France | 239,7 | 146,5 | 0,01 % | 0,01 % |
| Pays-Bas | 119,3 | 110,9 | 0,01 % | 0,01 % |
| Italie | 80,7 | 89,9 | 0,00 % | 0,00 % |
| Suède | 129,5 | 70,4 | 0,03 % | 0,01 % |
| Finlande | 56,7 | 42,1 | 0,02 % | 0,02 % |
| Belgique | 29,7 | 23,4 | 0,01 % | 0,00 % |
| Autriche | 142,9 | 23,3 | 0,04 % | 0,01 % |
| Irlande | - | 7,4 | 0,00 % | 0,00 % |
| Luxembourg | 10,5 | 5,1 | 0,02 % | 0,01 % |
| Pologne | 16,5 | 5,1 | 0,00 % | 0,00 % |
| Tchéquie | 5,0 | 5,0 | 0,00 % | 0,00 % |
| Grèce | 3,8 | 4,8 | 0,00 % | 0,00 % |
| Roumanie | 1,2 | 4,8 | 0,00 % | 0,00 % |
| Hongrie | 27,5 | 4,4 | 0,02 % | 0,00 % |
| Portugal | 1,3 | 4,4 | 0,00 % | 0,00 % |
| Chypre | 2,5 | 2,7 | 0,01 % | 0,01 % |
| Bulgarie | 0,9 | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Estonie | 2,1 | - | 0,01 % | 0,00 % |
| Croatie | - | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Lettonie | - | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Lituanie | - | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Malte | - | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Slovénie | - | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Slovaquie | - | - | 0,00 % | 0,00 % |
| Total UE 27 | 2 964,5 | 2 032,2 | 0,02 % | 0,01 % |

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

En observant le total des investissements privés, nous constatons que le Danemark et l'Allemagne arrivent loin devant les autres pays. Le Danemark arrive devant l'Allemagne en 2021, tandis que c'était l'inverse en 2020. En 2021, ils sont suivis par l'Espagne, la France et les Pays-Bas, et en 2020 par la France, l'Espagne et l'Autriche.

À l'exception notable de l'Espagne, on observe une tendance générale à la baisse des investissements entre 2020 et 2021, en particulier en Allemagne, en France et en Autriche.

En matière d'investissement exprimé en fonction du PIB, le Danemark a une longueur d'avance sur tous les autres pays, l'Espagne, la Finlande et la Suède arrivant ensuite.

En raison de l'absence de données pour les pays extracommunautaires, il n'est pas possible de comparer ces investissements avec ceux du reste du monde. ■



CONCLUSION SUR LES INVESTISSEMENTS PUBLICS ET PRIVÉS DANS LA R&D

Compte tenu des données très lacunaires, notamment pour la Chine, mais aussi pour d'autres pays extracommunautaires, il est difficile de tirer des conclusions sur les dépenses privées de R&D à l'échelle mondiale. La Chine est actuellement le premier investisseur dans les installations d'énergie renouvelable (éolien et solaire), suivie des États-Unis. De plus, c'est le principal exportateur de technologies photovoltaïques et hydroélectriques. En considérant que la compétitivité est corrélée à l'innovation, on peut supposer que la Chine alloue également des ressources financières importantes à la R&D en faveur de ces technologies.

Néanmoins, on peut observer que de nombreux pays se sont spécialisés dans certains domaines technologiques au sein des énergies renouvelables. Cela vaut aussi bien pour les investissements publics que privés :

- dans l'énergie solaire, en 2021 et 2022, l'Union européenne et les États-Unis arrivent en tête en ce qui concerne les dépenses publiques de R&D, devant la Commission européenne et la Corée (données manquantes pour la Chine). Au sein de l'UE, les plus

gros investissements en 2022 sont enregistrés par l'Allemagne, la France et l'Espagne. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, l'Allemagne, la France et l'Italie arrivent en tête (en 2021);

- en ce qui concerne l'énergie géothermique, les États-Unis arrivent en première position, avec une avance considérable sur l'UE. La Suède et la France affichent les plus grosses dépenses privées de R&D de l'Union européenne;

- dans l'hydroélectricité, les États-Unis dominent les investissements publics dans la R&D (en 2021, comme les données de 2022 du pays étaient indisponibles), devant la Commission européenne et le Canada. Au sein de l'UE, la Suède arrive en tête, devant l'Autriche et la France. En ce qui concerne les investissements privés dans l'UE, l'Allemagne présente les valeurs les plus élevées;

- dans les biocarburants, l'UE présente les plus gros investissements publics en R&D, devant les États-Unis et la Commission européenne (en 2022). Au sein de l'Union européenne, les plus grosses contributions sont enregistrées par l'Espagne et la

France. Le Danemark, les Pays-Bas et la Finlande arrivent en tête des investissements privés au sein de l'Union européenne (en 2021);

- dans l'éolien, l'Union européenne arrive en tête des dépenses publiques en R&D, devant la Commission européenne et les États-Unis (en 2021). Au sein de l'UE, les plus grosses contributions en 2022 proviennent principalement de la France, devant l'Allemagne et l'Espagne. Concernant les dépenses privées de R&D dans l'Union européenne (en 2021), le Danemark devance l'Allemagne et l'Espagne;

- dans l'énergie océanique, autre secteur relativement modeste en termes de dépenses publiques en R&D, la Commission européenne et l'Union européenne affichent les valeurs les plus élevées. Au sein de l'UE, les plus grosses contributions proviennent de l'Espagne et de la France. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, l'Italie et le Danemark sont les pays les plus engagés en 2021;

- concernant le total des dépenses publiques dans la R&D, l'Union européenne (somme de tous les États membres), la Commission

européenne et les États-Unis sont sans conteste les principaux acteurs des parties du monde analysées. Hors UE, le Japon, la Corée et le Royaume-Uni suivent ensuite à bonne distance. La France, l'Espagne et l'Allemagne affichent clairement les plus grosses dépenses publiques en R&D au sein de l'Union européenne;

- dans l'ensemble, cette analyse montre que le financement privé de la R&D dépasse largement le financement public. Au sein de l'Union européenne, le Danemark et l'Allemagne arrivent en tête, devant l'Espagne, la France et les Pays-Bas (en 2021). ■





Dépôt de brevets

La performance technologique d'un pays ou d'un système d'innovation se mesure généralement par le dépôt et la délivrance de brevets, ces données pouvant être considérées comme les principaux indicateurs de résultat des activités de R&D. Un pays dont la production de brevets est importante tendra à bénéficier d'une forte compétitivité technologique, ce qui pourrait se traduire par une compétitivité macro-

économique globale. Les brevets peuvent être analysés sous différents angles et avec différents objectifs, sachant que les méthodes et définitions appliquées différeront également. Nous mettons ici l'accent sur une perspective intérieure et macroéconomique, en fournissant des informations sur les capacités technologiques des économies dans le domaine des énergies renouvelables.

Note méthodologique

Les chiffres du présent rapport ont été fournis par JRC/Setis. Ils sont issus de la base de données mondiale World Patent Statistical Database (Patstat¹), développée par l'Office européen des brevets (OEB). C'est la version du printemps 2022 de la base de données Patstat qui a été utilisée (mise à jour JRC : 2022²). Il faut compter un délai de 3,5 ans pour réunir un ensemble complet de données couvrant une année. Ainsi, les données utilisées pour l'évaluation des indicateurs datent de 4 ans. Les estimations remontant à 2 ans ne sont fournies qu'au niveau de l'Union européenne. Les données concernent spécifiquement les avancées dans le domaine des technologies bas carbone et d'atténuation du changement climatique (code Y de la Classification

coopérative des brevets – CPC³). Les ensembles de données sont traités par JRC/Setis afin d'éliminer les erreurs et les incohérences. Les statistiques relatives aux brevets sont basées sur la date

1. OEB. Base de données statistiques mondiale des brevets (Patstat), Office européen des brevets.
2. Données de A. Mountraki, A. Georgakaki, D. Shtjefni, E. Ince et G. Charleston, Randl pour Setis et le rapport « State of the Energy Union Report » de la Commission européenne, 2022, JRC130405.
3. OEB et USPTO. Classification coopérative des brevets (CPC), Office européen des brevets et Office des brevets et des marques des États-Unis.

de priorité, les familles de brevets simples⁴ et le comptage fractionnaire des demandes déposées auprès des autorités nationales et internationales afin d'éviter un double comptage. Les familles de brevets comprennent les brevets déposés auprès d'un seul office, ou « singletons ». Mais cela peut biaiser les résultats liés à la compétitivité technologique mondiale et profiter aux pays disposant de grands marchés intérieurs et de spécialités dans leurs systèmes de brevets, comme la Chine, le Japon et la Corée, en laissant supposer, à tort, que ces pays bénéficient d'une forte compétitivité à l'international.

Pour procéder à l'analyse des brevets au sein des différents secteurs des énergies renouvelables, il faut non seulement s'intéresser au nombre de brevets déposés, mais aussi à l'indice de spécialisation. Pour cela, il convient d'évaluer l'avantage technologique révélé (ATR), fondé sur les travaux de Balassa (Balassa, 1965), qui a créé cet indicateur pour analyser le commerce international. Ici, l'ATR indique la représentation plus ou moins forte d'un pays dans un domaine technologique donné, par rapport aux demandes de brevet totales dans le domaine des technologies énergétiques. Ainsi, l'ATR du pays « i » dans un domaine technologique donné mesure l'importance comparée de la part des brevets du pays « i » déposés dans ce domaine par rapport au nombre total de brevets dans le domaine de l'énergie et de la part des brevets déposés au niveau mondial dans ce même domaine par rapport au nombre total de brevets déposés au niveau mondial, dans le domaine de l'énergie. Si la part du pays « i » est plus importante que la part mondiale, on peut supposer que le pays est spécialisé dans ce domaine.

Les données ont été transformées, de sorte que les valeurs entre zéro et un indiquent un intérêt inférieur à la moyenne pour cette technologie renouvelable, tandis que les valeurs supérieures à un indiquent une spécialisation positive, à savoir une forte concentration dans ce domaine par rapport à l'ensemble des technologies énergétiques. Il

convient de noter que l'indice de spécialisation se réfère aux technologies énergétiques et non à l'ensemble des technologies. Cela rend cet indice plus sensible aux faibles variations dans les dépôts de brevet relatifs aux technologies renouvelables : l'indice affiche plus de hauts et de bas et associe les petits nombres dans les brevets renouvelables à de grands effets en matière de spécialisation si le portefeuille de brevets dans les technologies énergétiques est modeste (donc, si le pays est petit). Pour tenir compte de cet effet d'échelle et pour que les données sur les brevets puissent être comparées entre les pays, les chiffres des dépôts de brevet sont également exprimés en fonction du PIB (en milliards d'euros).

La méthodologie est décrite de façon plus détaillée dans le rapport du JRC intitulé « JRC science for policy report, monitoring R&D in low carbon energy technologies: methodology for the R&D indicators in the state of the Energy Union Report – 2016 edition⁵ ». Le nombre total de demandes de brevet (nationales et internationales), la spécialisation des brevets ainsi que leur nombre par rapport au PIB sont décrits par technologie renouvelable pour 2020 et 2021. Pour les pays extracommunautaires, il convient de noter que la catégorie « RdM » désigne le reste du monde et inclut les valeurs du Royaume-Uni.

4. Les brevets permettent aux entreprises de protéger leurs efforts de recherche et d'innovation. Ceux couvrant uniquement le marché intérieur (familles comportant un seul brevet) ne fournissent une protection qu'au niveau national, alors que ceux déposés auprès de l'Ompi ou de l'OEB offrent une protection au-delà du marché intérieur (ils sont transmis à d'autres offices nationaux) et illustrent donc la compétitivité internationale de l'entreprise.
5. A. Fiorini, A. Georgakaki, F. Pasimeni, E. Tzimas, « Monitoring R&D in low-carbon energy technologies », EUR 28446 EN (2017).

L'ÉNERGIE SOLAIRE

| | Nombre de familles de brevets | | Spécialisation des brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|------------|------------------------------------|-------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | | | |
| Allemagne | 202,3 | 60,8 | 0,6 | 0,6 | 58,6 | 16,5 |
| Espagne | 42,9 | 34,2 | 2,4 | 2,1 | 38,0 | 27,7 |
| France | 102,5 | 28,0 | 0,9 | 0,6 | 44,2 | 11,2 |
| Italie | 33,7 | 25,3 | 1,0 | 1,0 | 20,2 | 13,7 |
| Pays-Bas | 29,5 | 14,2 | 1,0 | 1,0 | 36,2 | 16,0 |
| Pologne | 25,6 | 13,2 | 1,7 | 1,9 | 48,2 | 22,7 |
| Roumanie | 4,3 | 5,0 | 1,3 | 1,7 | 19,3 | 20,6 |
| Irlande | 2,5 | 4,0 | 0,6 | 1,3 | 6,5 | 8,9 |
| Grèce | 4,0 | 3,8 | 2,8 | 2,4 | 23,9 | 20,8 |
| Belgique | 9,4 | 3,8 | 0,8 | 0,6 | 20,2 | 7,6 |
| Suède | 11,2 | 3,4 | 0,5 | 0,2 | 23,4 | 6,4 |
| Autriche | 23,2 | 2,7 | 1,2 | 0,5 | 61,0 | 6,6 |
| Tchéquie | 2,0 | 2,5 | 0,6 | 0,9 | 9,2 | 10,2 |
| Finlande | 3,0 | 2,3 | 0,2 | 0,3 | 12,7 | 9,4 |
| Danemark | 4,7 | 1,6 | 0,2 | 0,1 | 15,0 | 4,6 |
| Croatie | n.d. | 1,0 | n.d. | 2,6 | n.d. | 17,1 |
| Chypre | 1,0 | 1,0 | 2,7 | 5,0 | 44,7 | 38,9 |
| Lituanie | 1,0 | 0,5 | 2,5 | 2,5 | 19,9 | 8,8 |
| Malte | n.d. | 0,4 | n.d. | 3,0 | n.d. | 24,0 |
| Bulgarie | 1,0 | n.d. | 1,6 | n.d. | 16,2 | n.d. |
| Estonie | 0,5 | n.d. | 1,4 | n.d. | 19,7 | n.d. |
| Luxembourg | 1,1 | n.d. | 0,4 | n.d. | 16,8 | n.d. |
| Portugal | 1,6 | n.d. | 0,6 | n.d. | 8,0 | n.d. |
| Slovaquie | 2,5 | n.d. | 3,6 | n.d. | 26,5 | n.d. |
| Union européenne | 509,3 | 207,9 | 0,8 | 0,7 | 37,5 | 14,1 |

Continue page suivante

| Autres Pays | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| Chine | 7 296,5 | 8 829,3 | 1,0 | 1,0 | 567,4 | 586,0 |
| Corée du Sud | 1 507,8 | 1 412,3 | 1,5 | 1,4 | 1 047,4 | 918,6 |
| Japon | 577,5 | 541,6 | 0,6 | 0,5 | 130,5 | 127,2 |
| États-Unis | 383,5 | 295,4 | 0,7 | 0,9 | 20,5 | 14,8 |
| Reste du monde* | 386,3 | 266,9 | 1,2 | 1,2 | 16,0 | 9,9 |
| <i>dont le Royaume-Uni</i> | <i>21,6</i> | <i>19,0</i> | <i>0,4</i> | <i>0,6</i> | <i>9,2</i> | <i>7,1</i> |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'énergie solaire, la Chine est incontestablement leader en matière de nombre de brevets déposés à l'échelle nationale ou internationale, même si la Corée détient un plus grand nombre de brevets par billion de PIB. Elle est suivie par la Corée et le Japon, puis par les États-Unis et l'Union européenne.

Au sein de l'Union européenne, l'Allemagne a déposé le plus grand nombre de brevets, devant l'Espagne, la France et l'Italie (2021). Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, l'Espagne affiche les meilleurs scores en matière de brevets par rapport au PIB au sein de l'Union européenne, mais arrive loin derrière la Corée et la Chine (et derrière le Japon). Les pays

déposant beaucoup de brevets ont un niveau de spécialisation qui a peu varié entre 2020 et 2021, Chypre et Malte affichant les niveaux de spécialisation les plus élevés parmi les États membres. Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevet montre que le solaire fait partie du trio de tête des technologies renouvelables. ■



LA GÉOTHERMIE

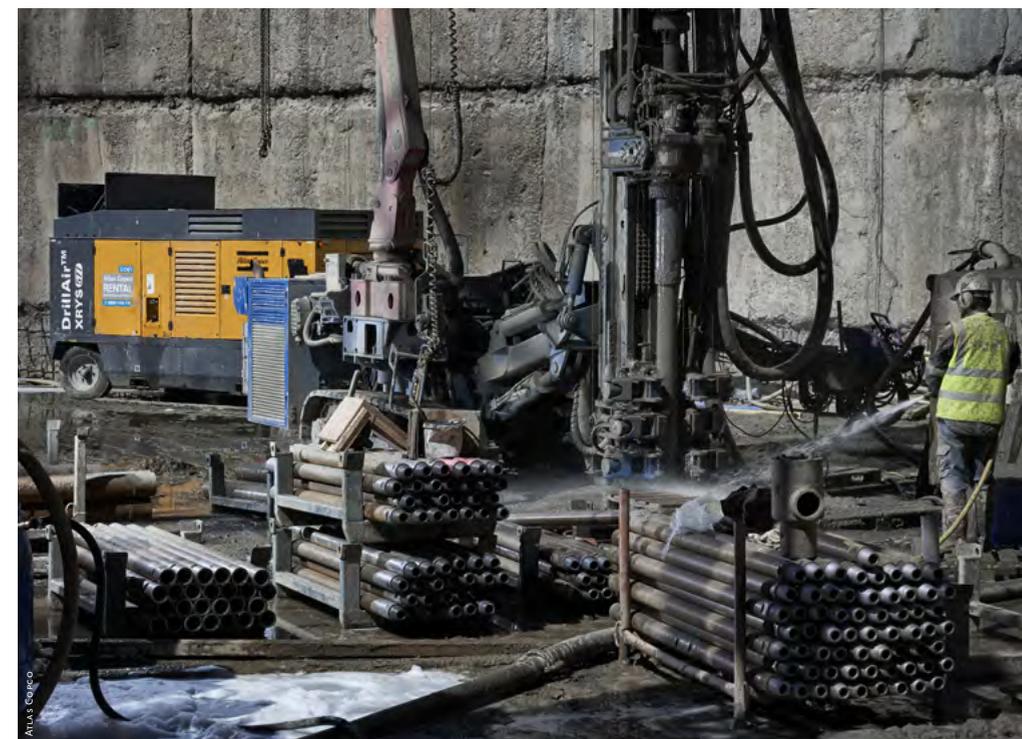
| | Nombre de familles de brevets | | Spécialisation des brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|---------------------|-------------------------------|-------|----------------------------|------|------------------------------------|------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | | | |
| France | 2,1 | 4,8 | 0,4 | 1,7 | 0,9 | 1,9 |
| Suède | 0,3 | 3,0 | 0,3 | 2,2 | 0,7 | 5,6 |
| Allemagne | 3,9 | 2,0 | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 0,5 |
| Belgique | n.d. | 1,0 | n.d. | 2,3 | n.d. | 2,0 |
| Italie | n.d. | 1,0 | n.d. | 0,6 | n.d. | 0,5 |
| Lettonie | n.d. | 1,0 | n.d. | n.d. | n.d. | 31,0 |
| Luxembourg | n.d. | 1,0 | n.d. | 8,0 | n.d. | 13,8 |
| Pologne | 1,5 | 1,0 | 2,3 | 2,2 | 2,8 | 1,7 |
| Finlande | 1,0 | 1,0 | 1,7 | 2,0 | 4,2 | 4,0 |
| Pays-Bas | 4,1 | 0,2 | 3,2 | 0,3 | 5,0 | 0,3 |
| Autriche | n.d. | 0,1 | n.d. | 0,3 | n.d. | 0,3 |
| Danemark | 0,8 | n.d. | 0,6 | n.d. | 2,6 | n.d. |
| Hongrie | n.d. | n.d. | 11,4 | n.d. | n.d. | n.d. |
| Portugal | 0,5 | n.d. | 4,4 | n.d. | 2,5 | n.d. |
| Union européenne | 14,7 | 15,2 | 0,5 | 0,8 | 1,1 | 1,0 |
| Autres Pays | | | | | | |
| Chine | 341,4 | 579,7 | 1,1 | 1,0 | 26,5 | 38,5 |
| États-Unis | 20,1 | 52,4 | 0,9 | 2,4 | 1,1 | 2,6 |
| Corée du Sud | 38,7 | 34,5 | 0,9 | 0,5 | 26,9 | 22,5 |
| Japon | 24,2 | 25,5 | 0,6 | 0,4 | 5,5 | 6,0 |
| Reste du monde* | 28,9 | 30,7 | 2,0 | 2,1 | 1,2 | 1,1 |
| dont le Royaume-Uni | 3,7 | 3,0 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,1 |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de la géothermie, la Chine est incontestablement leader en matière de nombre de brevets déposés au niveau national ou international. Elle possède également le nombre de brevets le plus élevé par billion de PIB. Elle est suivie par la Corée et le Japon. Au sein de l'UE, la France et la Suède ont déposé

le plus de demandes de brevet (en 2021). La Suède a enregistré une augmentation entre 2020 et 2021, élevant de ce fait sensiblement son niveau de spécialisation des brevets. Il est important de garder en tête que cette hausse intervient à des niveaux relativement bas (de 0,3 à 2,2), ce qui limite les chances de voir ce phénomène se

répéter. La Corée et la Chine se classent une nouvelle fois très loin devant en matière de brevets par rapport au PIB. Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevet montre que la géothermie est une filière mineure des technologies renouvelables. ■



L'HYDROÉLECTRICITÉ

| | Nombre de familles de brevets | | Spécialisation des brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | | | |
| Allemagne | 13,0 | 7,0 | 0,3 | 0,4 | 3,8 | 1,9 |
| Tchéquie | n.d. | 3,0 | n.d. | 6,3 | n.d. | 12,2 |
| Italie | 7,8 | 3,0 | 1,8 | 0,7 | 4,7 | 1,6 |
| Grèce | 1,2 | 1,5 | 7,0 | 5,5 | 7,5 | 8,1 |
| Danemark | n.d. | 1,0 | n.d. | 0,3 | n.d. | 2,9 |
| Pologne | 5,6 | 1,0 | 3,0 | 0,8 | 10,5 | 1,7 |
| Belgique | n.d. | 1,0 | n.d. | 0,9 | n.d. | 2,0 |
| Espagne | 3,2 | 1,0 | 1,4 | 0,4 | 2,8 | 0,8 |
| France | 7,4 | 1,0 | 0,5 | 0,1 | 3,2 | 0,4 |
| Autriche | 1,7 | 1,0 | 0,7 | 1,0 | 4,4 | 2,5 |
| Roumanie | 0,8 | 1,0 | 1,9 | 2,0 | 3,4 | 4,1 |
| Luxembourg | n.d. | 0,5 | n.d. | 1,5 | n.d. | 6,9 |
| Pays-Bas | 1,3 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,6 | 0,6 |
| Irlande | n.d. | 0,3 | n.d. | 0,7 | n.d. | 0,7 |
| Estonie | 0,5 | n.d. | 10,1 | n.d. | 17,9 | n.d. |
| Lituanie | 2,0 | n.d. | 40,4 | n.d. | 39,8 | n.d. |
| Finlande | 1,5 | n.d. | 0,9 | n.d. | 6,3 | n.d. |
| Suède | 3,8 | n.d. | 1,3 | n.d. | 7,9 | n.d. |
| Union européenne | 49,7 | 22,8 | 0,6 | 0,5 | 3,7 | 1,5 |
| Autres Pays | | | | | | |
| Chine | 1041,5 | 1628,6 | 1,2 | 1,1 | 81,0 | 108,1 |
| Japon | 78,4 | 124,2 | 0,7 | 0,7 | 17,7 | 29,2 |
| Corée du Sud | 73,5 | 114,9 | 0,6 | 0,7 | 51,1 | 74,7 |
| États-Unis | 16,9 | 25,8 | 0,3 | 0,4 | 0,9 | 1,3 |
| Reste du monde* | 65,9 | 31,9 | 1,6 | 0,8 | 2,7 | 1,2 |
| dont le Royaume-Uni | 4,8 | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 2,0 | 0,2 |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'hydroélectricité, la Chine est incontestablement leader en matière de nombre de brevets déposés au niveau national ou international. Elle possède également le nombre de brevets le plus élevé par billion de PIB. Elle est suivie par le Japon et la Corée. Au sein de

l'UE, l'Allemagne devance l'Italie et la Tchéquie (en 2021). La Chine a enregistré une croissance considérable de son nombre de brevets (et donc une croissance du nombre de brevets par rapport au PIB) entre 2020 et 2021. Certains États membres de l'UE, comme la Grèce et la Tchéquie, affichent un niveau

de spécialisation des brevets supérieur à la moyenne, qui pourrait toutefois être corrélé au nombre très faible de brevets enregistrés. Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevet montre que l'hydroélectricité est une filière mineure des technologies renouvelables. ■



LES BIOCARBURANTS

| | Nombre de familles de brevets | | Spécialisation des brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | | | |
| Italie | 11,6 | 20,5 | 2,0 | 4,8 | 6,9 | 11,1 |
| France | 60,5 | 20,0 | 3,0 | 2,6 | 26,1 | 8,0 |
| Pays-Bas | 14,8 | 18,6 | 3,0 | 7,3 | 18,1 | 20,8 |
| Allemagne | 30,0 | 12,6 | 0,6 | 0,8 | 8,7 | 3,4 |
| Pologne | 27,3 | 10,7 | 10,8 | 8,7 | 51,4 | 18,3 |
| Espagne | 9,2 | 9,0 | 3,0 | 3,2 | 8,2 | 7,3 |
| Danemark | 19,0 | 8,0 | 3,9 | 2,2 | 61,2 | 23,2 |
| Finlande | 20,0 | 7,2 | 8,9 | 5,4 | 84,5 | 29,0 |
| Roumanie | 2,0 | 6,0 | 3,7 | 11,9 | 9,1 | 24,8 |
| Suède | 10,1 | 4,7 | 2,5 | 1,2 | 21,2 | 8,7 |
| Portugal | 3,5 | 4,0 | 8,0 | 23,5 | 17,4 | 18,5 |
| Belgique | 4,7 | 3,7 | 2,5 | 3,1 | 10,1 | 7,4 |
| Grèce | 0,6 | 3,0 | 2,5 | 10,8 | 3,6 | 16,3 |
| Tchéquie | 1,3 | 2,2 | 2,2 | 4,4 | 5,9 | 8,8 |
| Luxembourg | 1,0 | 2,0 | 2,5 | 5,9 | 15,5 | 27,6 |
| Irlande | - | 1,0 | - | 1,9 | 0,1 | 2,2 |
| Hongrie | 5,5 | 1,0 | 32,6 | 11,8 | 39,9 | 6,5 |
| Slovaquie | n.d. | 1,0 | n.d. | 22,2 | n.d. | 9,8 |
| Autriche | 4,2 | 0,4 | 1,3 | 0,4 | 11,1 | 1,1 |
| Bulgarie | 1,5 | n.d. | 14,3 | n.d. | 24,2 | n.d. |
| Estonie | 0,4 | n.d. | 5,6 | n.d. | 13,5 | n.d. |
| Chypre | 0,5 | n.d. | 8,1 | n.d. | 22,3 | n.d. |
| Union européenne | 227,7 | 135,6 | 2,1 | 2,8 | 16,8 | 9,2 |

Continue page suivante

| Autres Pays | | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| Chine | 1008,5 | 1318,9 | 0,8 | 0,9 | 78,4 | 87,5 |
| Corée du Sud | 172,0 | 196,3 | 1,0 | 1,1 | 119,5 | 127,7 |
| Japon | 126,2 | 142,8 | 0,8 | 0,8 | 28,5 | 33,6 |
| États-Unis | 128,6 | 129,5 | 1,4 | 2,2 | 6,9 | 6,5 |
| Reste du monde* | 133,7 | 84,6 | 2,4 | 2,1 | 5,6 | 3,1 |
| <i>dont le Royaume-Uni</i> | <i>24,7</i> | <i>6,3</i> | <i>2,8</i> | <i>1,1</i> | <i>10,5</i> | <i>2,4</i> |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine des biocarburants, la Chine est incontestablement leader en matière de nombre de brevets déposés au niveau national ou international, même si la Corée détient un plus grand nombre de brevets par billion de PIB. Elle est suivie par la Corée et le Japon. Au sein de l'Union européenne, l'Italie a déposé le plus

grand nombre de brevets en 2021, devant la France et les Pays-Bas (en 2020, la France arrivait en tête). Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, l'Italie, la France, les Pays-Bas et la Pologne affichent les meilleurs scores en matière de brevets par rapport au PIB au sein de l'Union européenne, mais arrivent loin derrière la Corée et la

Chine. Parmi les pays dominants au sein de l'UE, l'Italie et les Pays-Bas ont observé une croissance de leur niveau de spécialisation des brevets entre 2020 et 2021. Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevet montre que les biocarburants font partie du trio de tête des technologies renouvelables. ■



L'ÉOLIEN

| | Nombre de familles de brevets | | Spécialisation des brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|------------|------------------------------------|-------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | | | |
| Danemark | 290,4 | 280,1 | 26,7 | 29,6 | 932,8 | 811,3 |
| Allemagne | 183,7 | 140,7 | 1,5 | 3,2 | 53,3 | 38,3 |
| Espagne | 75,0 | 125,1 | 11,1 | 16,9 | 66,5 | 101,2 |
| France | 41,0 | 31,8 | 0,9 | 1,6 | 17,7 | 12,7 |
| Pays-Bas | 31,4 | 31,3 | 2,9 | 4,7 | 38,5 | 35,1 |
| Italie | 10,6 | 13,7 | 0,8 | 1,2 | 6,3 | 7,4 |
| Suède | 13,2 | 11,5 | 1,5 | 1,2 | 27,6 | 21,3 |
| Pologne | 14,5 | 9,0 | 2,6 | 2,8 | 27,4 | 15,4 |
| Belgique | 8,4 | 6,3 | 2,0 | 2,0 | 18,0 | 12,5 |
| Autriche | 17,2 | 6,3 | 2,3 | 2,3 | 45,2 | 15,6 |
| Grèce | 2,3 | 4,0 | 4,3 | 5,5 | 13,9 | 21,7 |
| Roumanie | 4,6 | 3,5 | 3,8 | 2,7 | 20,8 | 14,4 |
| Lettonie | 2,3 | 2,0 | 6,9 | 8,2 | 77,0 | 61,9 |
| Finlande | 3,6 | 1,4 | 0,7 | 0,4 | 15,3 | 5,6 |
| Irlande | n.d. | 1,1 | n.d. | 0,8 | n.d. | 2,4 |
| Tchéquie | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 4,5 | 4,1 |
| Chypre | 0,7 | 1,0 | 4,8 | 11,0 | 29,8 | 38,9 |
| Portugal | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 2,3 | 7,5 | 4,6 |
| Luxembourg | n.d. | 0,5 | n.d. | 0,6 | n.d. | 6,9 |
| Croatie | n.d. | 0,1 | n.d. | 0,5 | n.d. | 1,6 |
| Bulgarie | 1,0 | n.d. | 4,3 | n.d. | 16,2 | n.d. |
| Hongrie | 1,0 | n.d. | 2,7 | n.d. | 7,3 | n.d. |
| Union européenne | 703,4 | 671,3 | 2,9 | 5,3 | 51,8 | 45,4 |

Continue page suivante

| Autres Pays | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| Chine | 2 686,4 | 3 809,3 | 1,0 | 1,0 | 208,9 | 252,8 |
| Corée du Sud | 200,2 | 305,8 | 0,5 | 0,7 | 139,1 | 198,9 |
| Japon | 122,1 | 189,7 | 0,4 | 0,4 | 27,6 | 44,6 |
| États-Unis | 122,5 | 113,1 | 0,6 | 0,7 | 6,6 | 5,6 |
| Reste du monde* | 169,2 | 141,5 | 1,4 | 1,4 | 7,0 | 5,2 |
| <i>dont le Royaume-Uni</i> | <i>28,5</i> | <i>26,0</i> | <i>1,5</i> | <i>1,8</i> | <i>12,1</i> | <i>9,8</i> |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'éolien, la Chine est incontestablement leader en matière de nombre de brevets déposés au niveau national ou international, même si le Danemark arrive loin devant en matière de nombre de brevets par billion de PIB. Elle est suivie par l'Union européenne et la Corée. Au sein de l'Union européenne, le Danemark a déposé le plus grand nombre de brevets, loin devant l'Allemagne et l'Espagne. En matière de brevets par rapport au PIB, le Danemark arrive loin devant la Chine et la Corée. Le Danemark et, dans une moindre mesure, l'Espagne possèdent un niveau de spécialisation des brevets très important. Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevet montre que l'éolien fait partie du trio de tête des technologies renouvelables. ■



LES ÉNERGIES MARINES

| | Nombre de familles de brevets | | Spécialisation des brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | | | |
| Italie | 6,4 | 14,0 | 3,5 | 12,2 | 3,8 | 7,6 |
| Allemagne | 2,7 | 5,0 | 0,2 | 1,1 | 0,8 | 1,4 |
| Danemark | 2,1 | 3,0 | 1,3 | 3,1 | 6,6 | 8,7 |
| Irlande | 0,7 | 1,8 | 2,9 | 13,2 | 1,7 | 4,1 |
| France | 9,7 | 1,8 | 1,5 | 0,9 | 4,2 | 0,7 |
| Espagne | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,0 | 0,8 |
| Suède | 2,5 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 5,3 | 1,9 |
| Pays-Bas | 2,6 | 0,8 | 1,7 | 1,1 | 3,2 | 0,8 |
| Luxembourg | 1,0 | n.d. | 7,8 | n.d. | 15,5 | n.d. |
| Pologne | 1,8 | n.d. | 2,3 | n.d. | 3,5 | n.d. |
| Roumanie | 0,8 | n.d. | 4,4 | n.d. | 3,4 | n.d. |
| Finlande | 1,6 | n.d. | 2,3 | n.d. | 6,8 | n.d. |
| Union européenne | 33,0 | 28,3 | 0,9 | 2,2 | 2,4 | 1,9 |
| Autres Pays | | | | | | |
| Chine | 424,0 | 374,9 | 1,1 | 0,9 | 33,0 | 24,9 |
| États-Unis | 22,4 | 35,7 | 0,8 | 2,2 | 1,2 | 1,8 |
| Corée du Sud | 22,5 | 32,7 | 0,4 | 0,7 | 15,7 | 21,3 |
| Japon | 10,0 | 20,5 | 0,2 | 0,4 | 2,3 | 4,8 |
| Reste du monde* | 53,3 | 46,0 | 3,1 | 4,3 | 2,2 | 1,7 |
| dont le Royaume-Uni | 18,2 | 11 | 6,6 | 7,3 | 7,7 | 4,1 |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Dans le domaine de l'énergie océanique, la Chine est incontestablement leader en matière de nombre de brevets déposés au niveau national ou international. Elle possède également le nombre de brevets le plus élevé par billion de PIB. Elle

est suivie par les États-Unis et la Corée. Au sein de l'UE, l'Italie se classe en tête en 2021, tandis que la France était numéro un en 2020. Dans l'ensemble, le niveau de spécialisation est relativement bas, à quelques exceptions près pour des pays avec un nombre

peu élevé de brevets (même si le Royaume-Uni possède un niveau moyen pour les deux). Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevet montre que l'énergie océanique est une filière mineure des technologies renouvelables. ■



TOTAL DES TECHNOLOGIES RENOUVELABLES

| | Nombre de familles de brevets | | Brevets par billion d'euros de PIB | |
|-------------------------|-------------------------------|----------------|------------------------------------|-------------|
| | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| UE 27 | | | | |
| Danemark | 317,0 | 293,7 | 1 018,1 | 850,6 |
| Allemagne | 435,7 | 228,1 | 126,3 | 62,0 |
| Espagne | 131,5 | 170,3 | 116,4 | 137,8 |
| France | 223,1 | 87,4 | 96,3 | 34,9 |
| Italie | 70,1 | 77,5 | 42,0 | 42,0 |
| Pays-Bas | 83,7 | 65,6 | 102,5 | 73,5 |
| Pologne | 76,3 | 34,9 | 143,8 | 59,9 |
| Suède | 41,1 | 23,6 | 86,1 | 43,7 |
| Belgique | 22,4 | 15,9 | 48,4 | 31,4 |
| Roumanie | 12,3 | 15,5 | 55,9 | 64,0 |
| Grèce | 8,2 | 12,3 | 48,8 | 66,8 |
| Finlande | 30,7 | 12,0 | 129,8 | 48,1 |
| Autriche | 46,3 | 10,6 | 121,7 | 26,0 |
| Tchéquie | 4,3 | 8,7 | 19,6 | 35,2 |
| Irlande | 3,2 | 8,3 | 8,3 | 18,4 |
| Portugal | 7,1 | 5,0 | 35,4 | 23,1 |
| Luxembourg | 3,1 | 4,0 | 47,8 | 55,3 |
| Lettonie | 2,3 | 3,0 | 77,0 | 92,9 |
| Chypre | 2,2 | 2,0 | 96,8 | 77,9 |
| Croatie | - | 1,1 | - | 18,7 |
| Hongrie | 6,5 | 1,0 | 47,2 | 6,5 |
| Slovaquie | 2,5 | 1,0 | 26,5 | 9,8 |
| Lituanie | 3,0 | 0,5 | 59,7 | 8,8 |
| Malte | - | 0,4 | - | 24,0 |
| Bulgarie | 3,5 | - | 56,5 | - |
| Estonie | 1,4 | - | 51,1 | - |
| Slovénie | - | - | - | - |
| Union européenne | 1 537,8 | 1 081,1 | 113,3 | 73,1 |

Continue page suivante

| Autres Pays | | | | |
|----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Chine | 12 798,3 | 16 540,8 | 995,3 | 1 097,8 |
| Corée du Sud | 2 014,8 | 2 096,6 | 1 399,5 | 1 363,7 |
| Japon | 938,4 | 1 044,3 | 212,0 | 245,3 |
| États-Unis | 694,0 | 651,9 | 37,1 | 32,6 |
| Reste du monde* | 837,4 | 601,5 | 34,8 | 22,2 |
| <i>dont le Royaume-Uni</i> | <i>101,6</i> | <i>65,8</i> | <i>43,0</i> | <i>24,8</i> |

* Royaume-Uni inclus. Note: La valeur 0 indique qu'il n'y a aucune demande de brevet. « n.d. » indique que les données n'étaient pas disponibles. Les familles de brevets uniques (singletons) ont été incluses. Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI)

Enfin, un examen des chiffres dans l'ensemble des technologies des énergies renouvelables montre que la Chine a déposé, de loin, le plus grand nombre de brevets en 2021, devant la Corée, l'Union européenne, le Japon et les États-Unis. Au sein de l'Union européenne, on observe en 2021 une position solide du Danemark, devant l'Allemagne (c'était l'inverse en 2020), l'Espagne et la France (l'ordre était également inversé en 2020). En évaluant les résultats au regard du PIB, le Danemark arrive loin devant les autres membres de l'UE. Ce nombre élevé de brevets est tiré vers le haut par la position dominante du Danemark dans l'éolien et rapproche le pays de la Chine et de la Corée en matière de brevets par rapport au PIB dans toutes les technologies renouvelables. ■



CONCLUSION

Dans presque tous les domaines des technologies renouvelables, les pays d'Asie, notamment la Chine, affichent les activités de brevetage les plus élevées, en chiffres absolus et relatifs (PIB). L'Union européenne se classe en bonne position derrière les pays d'Asie, mais devant les États-Unis. Au sein de l'Union européenne, c'est principalement l'Allemagne qui dépose le plus grand nombre de brevets. Cela s'explique toutefois par sa grande taille. L'analyse en termes de brevets par rapport au PIB place le Danemark dans une position de leader en Europe. L'Allemagne est également l'un des rares pays à afficher un certain niveau d'activité dans tous les domaines des énergies renouvelables, tandis que la plupart des autres pays se spécialisent dans une ou deux filières. Le Danemark affiche, par exemple, des résultats remarquables dans l'éolien, tandis que la Finlande est très active dans les biocarburants. Concernant les technologies renouvelables, le solaire enregistre le plus grand nombre de dépôts de brevet dans le monde, tandis que dans l'Union européenne, c'est l'éolien qui

arrive en première place. Contrairement aux importants investissements en R&D observés dans les biocarburants, les statistiques sur les brevets révèlent des résultats relativement modestes dans ce même secteur (troisième secteur derrière l'énergie solaire et l'énergie éolienne). En ce qui concerne l'énergie océanique, les dépôts de brevet et les dépenses de R&D sont moins significatifs, malgré les ressources et le potentiel de développement technologique de ce secteur. ■

Références :

Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB)*.

* Données sur les brevets issues de l'édition du printemps 2021 de la base de données mondiale Patstat (mise à jour JRC : mai 2021). La méthodologie derrière les indicateurs est issue de Fiorini et al. (2017), Pasimeni et al. (2019), Pasimeni (2019), et Pasimeni et al. (2021).



Commerce international

L'analyse du commerce et des flux commerciaux internationaux est devenue un élément économique important, car on considère que l'essor du commerce bénéficie généralement à tous les partenaires commerciaux. Selon une idée répandue dans les théories du commerce international, les échanges internationaux de marchandises reposent sur le principe de l'avantage comparatif, c'est-à-dire que les avantages spécifiques à chaque nation concernant la production de biens conduisent les pays à commercer entre eux. Cependant, les données empiriques révèlent que les performances à l'exportation d'un pays dépendent non

seulement de ses dotations en facteurs de production, mais aussi de ses capacités technologiques. Ainsi, les sociétés qui développent de nouveaux produits ou intègrent une technologie supérieure domineront les marchés à l'exportation (Dosi et Soete, 1983, 1991; Krugman, 1979; Posner, 1961; Vernon, 1966, 1979). En résumé, on peut affirmer que l'innovation est corrélée positivement avec les performances d'exportation. C'est pourquoi les résultats d'exportation font l'objet d'un examen attentif, en tant qu'indicateurs de la performance d'innovation au sein des technologies énergétiques renouvelables.

Approche méthodologique

Pour décrire le commerce, on analyse l'avantage absolu en termes de part de l'exportation mondiale, mais aussi les exportations nettes, c'est-à-dire les exportations moins les importations d'un pays donné, afin de déterminer l'éventuel excédent généré par l'exportation de biens et services. De plus, on examine aussi l'avantage comparatif qui fait référence aux coûts relatifs des produits d'un pays par rapport à un autre pays. Les premiers économistes estimaient que l'avantage absolu, dans une certaine catégorie de produits, était une condition nécessaire au commerce. Mais il a été démontré qu'il suffisait d'un avantage comparatif pour que le commerce international soit mutuellement bénéfique (ce qui signifie que la productivité d'un bien par

rapport à un autre diffère selon les pays). L'analyse des flux commerciaux est donc devenue un élément important de l'économie commerciale. L'indicateur le plus largement répandu est l'avantage comparatif révélé (ACR) développé par Balassa (1965), car un essor du commerce profite à tous les partenaires commerciaux dans des conditions très générales. Ainsi, l'ACR est un indicateur très utile pour analyser et décrire la spécialisation dans certains produits ou secteurs.

$$RCA_j = 100 \cdot \text{tanhyp} \left(\log \frac{E_{ij} / \sum_{k=1}^J E_{ik}}{\sum_{i=1}^J E_{ij} / \sum_{i=1}^J \sum_{k=1}^J E_{ik}} \right)$$

La part des exportations d'une technologie renouvelable d'un pays i est mesurée par les exportations de cette technologie, par rapport à l'ensemble des exportations du pays i . Cette part est ensuite comparée à la part des exportations de cette même technologie au niveau mondial (somme de tous les autres pays). La part des filières renouvelables montre, quant à elle, la part des exportations des technologies renouvelables par rapport à toutes les exportations. Par conséquent, pour ce pays, l'ACR représente la part des exportations d'une technologie (l'éolien par exemple) par rapport à la part mondiale des exportations de cette même technologie. Si la part du pays i est plus importante que la part mondiale, alors on peut dire que le pays i est spécialisé dans ce domaine. La fonction « tanhyp-log » ne modifie pas cette interprétation générale, mais symétrise cet indicateur en le normalisant dans un intervalle compris entre -100 et +100, contrairement à l'indice ATR (avantage technologique révélé). D'autre part, l'ACR fait référence à tous les groupes de produits commercialisés tandis que l'ATR, employé pour le dépôt de brevets, concerne les technologies énergétiques.

L'ACR doit être interprété par rapport au reste du portefeuille du pays et à la part mondiale. Par exemple, si le pays n'a qu'une part minime (inférieure à la moyenne) d'énergies renouvelables au sein de son portefeuille commercial, toutes les valeurs seront négatives. En revanche, certains pays (par exemple le Danemark, le Japon, la Chine et l'Espagne) ont une part importante de technologies renouvelables au sein de leur portefeuille de

produits exportés. L'analyse porte sur les exportations de technologies renouvelables prises dans leur ensemble, mais aussi sur chaque secteur pris séparément. Ces secteurs comprennent le photovoltaïque, l'éolien, l'hydroélectricité et les biocarburants pour les années 2022 et 2023. Les données relatives aux exportations proviennent de la base de données Comtrade de l'ONU. Les secteurs ont été identifiés à partir du Système harmonisé de désignation et de codification des marchandises (SH 2012).

Pour l'année 2022, les codes ont toutefois changé pour le photovoltaïque. Auparavant, toutes les données commerciales relatives au photovoltaïque étaient réunies sous le code 854140, alors que depuis 2022, elles sont réunies sous deux codes distincts : 854142 et 854143. Comme pour les années précédentes, il manque certaines catégories de données. Celles-ci sont donc restées identiques et il n'a pas été possible d'en tirer de conclusions spécifiques.

Les codes SH 2012 utilisés sont les suivants : photovoltaïque (854140), éolien (850231) et hydroélectricité (841011, 841012, 841013, 841090). Pour les biocarburants, les codes (220710, 220720) sont basés sur la classification JRC Setis dans F. Pasimeni, « EU energy technology trade: import and export », EUR 28652 EN, Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-69670-1, doi : 10.2760/607980, JRC107048.

Note concernant les cartes dans le chapitre : La relation entre les tailles des cercles et le volume des échanges diffère d'une carte à l'autre.

TOTAL DES TECHNOLOGIES RENOUVELABLES

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – toutes les EnR

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Danemark | 629 | 1309 | 680 | 1,6 % | 42 |
| Hongrie | 447 | 670 | 223 | 0,8 % | 10 |
| Slovaquie | 102 | 127 | 25 | 0,2 % | -45 |
| Malte | 4 | 0 | -4 | 0,0 % | -100 |
| Luxembourg | 63 | 52 | -11 | 0,1 % | -6 |
| Chypre | 48 | 0 | -47 | 0,0 % | -95 |
| Lettonie | 62 | 11 | -51 | 0,0 % | -71 |
| Slovénie | 178 | 126 | -52 | 0,2 % | -19 |
| Estonie | 59 | 5 | -54 | 0,0 % | -83 |
| Croatie | 155 | 52 | -104 | 0,1 % | -24 |
| Belgique | 808 | 691 | -117 | 0,8 % | -36 |
| Lituanie | 188 | 57 | -131 | 0,1 % | -43 |
| Irlande | 282 | 5 | -277 | 0,0 % | -97 |
| Autriche | 764 | 433 | -331 | 0,5 % | -23 |
| Finlande | 350 | 5 | -344 | 0,0 % | -94 |
| Tchéquie | 633 | 282 | -351 | 0,3 % | -45 |
| Bulgarie | 494 | 130 | -365 | 0,2 % | -14 |
| Portugal | 1231 | 735 | -495 | 0,9 % | 38 |
| Roumanie | 568 | 13 | -554 | 0,0 % | -89 |
| Suède | 920 | 243 | -677 | 0,3 % | -43 |
| Grèce | 1347 | 367 | -980 | 0,5 % | 25 |
| Pologne | 1446 | 317 | -1129 | 0,4 % | -53 |
| France | 2277 | 891 | -1385 | 1,1 % | -37 |
| Italie | 1921 | 239 | -1682 | 0,3 % | -76 |
| Allemagne | 5865 | 3512 | -2353 | 4,3 % | -23 |
| Pays-Bas | 6306 | 3624 | -2682 | 4,4 % | 12 |
| Espagne | 3603 | 773 | -2830 | 0,9 % | -28 |
| Total UE 27 | 29 625 | 14 607 | -15 018 | 18 % | -21 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2022 – toutes les EnR

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 1473 | 43 890 | 42 417 | 53,9 % | 49 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Norvège | 209 | 1 | -208 | 0,0 % | -99 |
| Inde | 1458 | 1 003 | -455 | 1,2 % | -20 |
| Suisse | 652 | 18 | -634 | 0,0 % | -96 |
| Turquie | 1362 | 244 | -1 118 | 0,3 % | -51 |
| Royaume-Uni | 2 059 | 336 | -1 723 | 0,4 % | -64 |
| Canada | 2 246 | 392 | -1 854 | 0,5 % | -62 |
| Brésil | 4 022 | 1 734 | -2 288 | 2,1 % | 16 |
| Japon | 2 944 | 66 | -2 877 | 0,1 % | -92 |
| États-Unis | 11 141 | 3 806 | -7 335 | 4,7 % | -28 |
| Reste du monde | 13 228 | 15 359 | 2 132 | 18,9 % | -20 |

* n.d. non disponible. Source: Eurobserv'ER

En 2022, les plus grands importateurs d'équipements liés au photovoltaïque, à l'éolien, aux biocarburants et à l'hydroélectricité de l'UE étaient les Pays-Bas (6306 millions d'euros), l'Allemagne (5865 millions d'euros) et l'Espagne (3603 millions d'euros). Les Pays-Bas et l'Allemagne étaient aussi les deux principaux exportateurs de technologies renouvelables en 2022 avec des montants respectifs de 3624 et 3512 millions d'euros. Parmi les partenaires commerciaux, la Chine a enregistré une baisse

significative des importations en 2022 (1473 millions d'euros), mais restait, de loin, le plus gros exportateur (43 890 millions d'euros). Les États-Unis étaient le premier importateur cette année-là (11 141 millions d'euros), devant le Brésil (4022 millions d'euros). Les exportations nettes (les exportations moins les importations d'un pays) nous permettent de préciser les tendances décrites ci-dessus. La balance commerciale offre en effet la possibilité de savoir si un pays exporte plus qu'il n'importe, ou vice versa. La Chine présente la balance commerciale

la plus excédentaire parmi les pays de notre étude. Elle est suivie par le Danemark, la Hongrie et la Slovaquie. Ces pays ayant exporté plus de technologies renouvelables qu'ils n'en ont importé en 2022, leur balance commerciale est excédentaire. Tous les autres pays de l'étude présentent des balances commerciales déficitaires. Les pays affichant le solde le plus négatif sont les États-Unis, l'Inde, l'Espagne, les Pays-Bas, l'Allemagne et le Brésil. En ce qui concerne les exportations dans les

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2023 – toutes les EnR

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Danemark | 920 | 1500 | 581 | 1,7 % | 43 |
| Hongrie | 260 | 529 | 269 | 0,6 % | -6 |
| Slovaquie | 82 | 137 | 55 | 0,2 % | -48 |
| Malte | 5 | n.d.* | -5 | 0,0 % | n.d.* |
| Luxembourg | 60 | 49 | -11 | 0,1 % | -11 |
| Chypre | 39 | 0 | -39 | 0,0 % | -98 |
| Slovénie | 178 | 120 | -58 | 0,1 % | -27 |
| Lettonie | 87 | 11 | -76 | 0,0 % | -70 |
| Croatie | 138 | 41 | -98 | 0,0 % | -36 |
| Estonie | 120 | 5 | -115 | 0,0 % | -83 |
| Irlande | 203 | 11 | -192 | 0,0 % | -95 |
| Lituanie | 304 | 110 | -194 | 0,1 % | -17 |
| Finlande | 273 | 5 | -268 | 0,0 % | -95 |
| Tchéquie | 502 | 228 | -274 | 0,3 % | -56 |
| Bulgarie | 506 | 131 | -375 | 0,2 % | -15 |
| Belgique | 1 121 | 570 | -551 | 0,7 % | -40 |
| Suède | 810 | 217 | -593 | 0,2 % | -50 |
| Portugal | 1 203 | 609 | -594 | 0,7 % | 27 |
| Autriche | 844 | 197 | -647 | 0,2 % | -56 |
| Roumanie | 703 | 17 | -686 | 0,0 % | -88 |
| Grèce | 1 110 | 386 | -724 | 0,4 % | 25 |
| Pologne | 1 341 | 287 | -1 054 | 0,3 % | -59 |
| France | 2 777 | 1 329 | -1 449 | 1,5 % | -26 |
| Pays-Bas | 5 424 | 3 723 | -1 700 | 4,3 % | 11 |
| Allemagne | 5 207 | 3 070 | -2 137 | 3,5 % | -32 |
| Italie | 2 435 | 266 | -2 169 | 0,3 % | -76 |
| Espagne | 3 103 | 881 | -2 222 | 1,0 % | -26 |
| Total UE 27 | 29 755 | 14 430 | -15 325 | 17 % | -25 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2023 – toutes les EnR

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 632 | 42 753 | 42 120 | 49,1 % | 47 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Norvège | 186 | 2 | -183 | 0,0 % | -99 |
| Suisse | 787 | 29 | -758 | 0,0 % | -94 |
| Turquie | 1 919 | 525 | -1 394 | 0,6 % | -27 |
| Canada | 2 566 | 422 | -2 144 | 0,5 % | -61 |
| Royaume-Uni | 2 502 | 297 | -2 205 | 0,3 % | -68 |
| Brésil | 3 964 | 1 562 | -2 403 | 1,8 % | 7 |
| Japon | 2 594 | 153 | -2 440 | 0,2 % | -85 |
| Inde | 5 039 | 2 110 | -2 929 | 2,4 % | 10 |
| États-Unis | 19 818 | 4 296 | -15 523 | 4,9 % | -25 |
| Reste du monde | 16 178 | 20 561 | 4 384 | 23,6 % | -11 |

* n.d. non disponible. Source: Eurobserv'ER

quatre technologies renouvelables sélectionnées, on observe que la Chine affiche les valeurs les plus élevées en 2022 avec 54 %. L'Union européenne arrive ensuite avec une part de 18 % des exportations en 2022. Les principaux pays exportateurs après la Chine sont les États-Unis, les Pays-Bas, l'Allemagne, le Brésil et le Danemark. Les pays affichant les parts les plus modestes sont Malte, Chypre, la Lettonie, la Finlande, la Roumanie, l'Irlande et la Norvège.

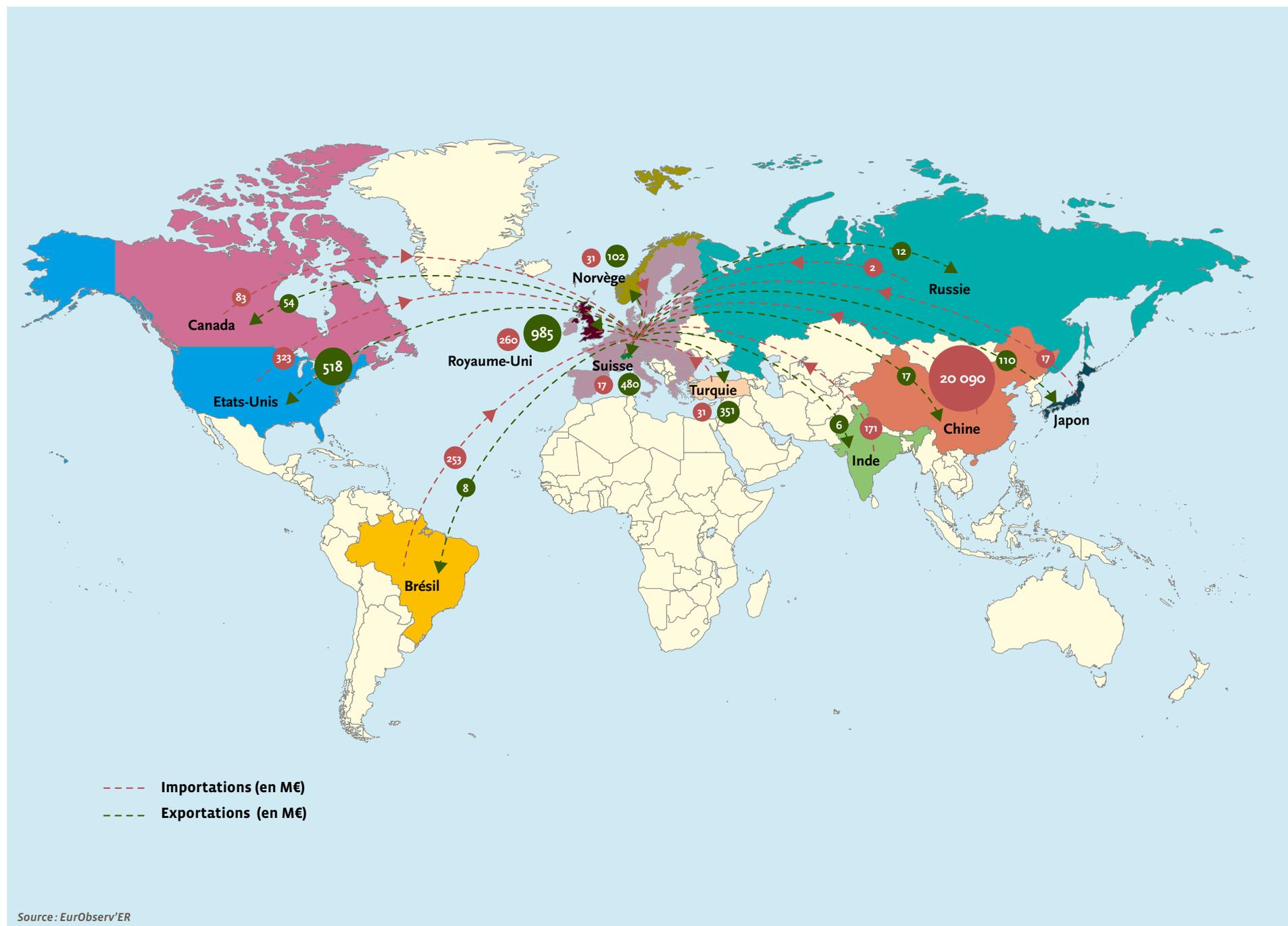
Dans une dernière étape, nous allons examiner la spécialisation des exportations (ACR). Parmi les États membres, le Danemark arrive

en tête, ce qui montre que les biens liés aux technologies renouvelables ont un poids important dans son portefeuille d'exportations. On observe également des valeurs de spécialisation positives pour la Chine, le Portugal, les Pays-Bas, le Brésil, la Grèce et la Hongrie, tandis que tous les autres pays (y compris le groupe « Reste du monde ») présentent une spécialisation négative dans le domaine des exportations de technologies renouvelables en 2022.

Les importations totales de technologies renouvelables ont légèrement progressé dans

l'Union européenne entre 2022 et 2023, d'environ 129 millions d'euros. Les exportations totales de technologies renouvelables ont, quant à elles, baissé de 1,2 % (177 millions d'euros). Les augmentations relatives les plus significatives des importations peuvent être observées en Italie (514 millions d'euros), en France (501 millions d'euros), en Belgique (313 millions d'euros) et au Danemark (291 millions d'euros). Les pays enregistrant les baisses d'importations les plus importantes sont les Pays-Bas (883 millions d'euros), l'Allemagne (659 millions d'euros) et

Échanges commerciaux de l'UE à 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2023 – toutes les EnR



l'Espagne (500 millions d'euros). Les exportations allemandes sont celles qui ont le plus reculé dans l'Union européenne (443 millions d'euros). Quelques autres pays affichent aussi des baisses relativement importantes de leurs exportations, notamment l'Autriche, la Hongrie et le Portugal. Les exportations nettes ont considérablement décliné en Italie en raison d'une augmentation des importations de technologies photovoltaïques et d'une baisse des exportations de technologies éoliennes. Principalement pour les mêmes raisons, la Belgique, l'Autriche et la Roumanie affichent également une baisse significative de leurs exportations nettes.

En observant les principaux partenaires commerciaux, on remarque une très forte augmentation des importations entre 2022 et 2023 aux États-Unis (8 678 millions d'euros), devant l'Inde (3 581 millions d'euros). Un recul des importations est observé en Chine (841 millions d'euros), au Japon (350 millions d'euros), au Brésil (58 millions d'euros) et en Norvège (23 millions d'euros). Concernant les exportations, la baisse la plus importante a été observée en Chine (1 138 millions d'euros) et la plus forte hausse en Inde (1 107 millions d'euros). Les balances commerciales suivent ces tendances, la Chine affichant la plus grosse augmentation de solde. Le déficit de la balance commerciale s'est accru aux États-Unis entre 2022 et 2023. Les balances commerciales du Brésil, du Canada et du Royaume-Uni sont toujours déficitaires et leur situation s'est dégradée entre 2022 et 2023.

En ce qui concerne les

exportations dans les quatre technologies renouvelables sélectionnées, on observe que la Chine affiche les valeurs les plus élevées en 2023 avec 49 %. Pour l'ensemble de l'Union européenne, la part des exportations a baissé, passant de 18 % en 2022, à 17 % en 2023.

La figure de la page précédente illustre le commerce de technologies renouvelables entre les pays de l'Union européenne et les principaux partenaires commerciaux. La balance commerciale nette avec la Chine est très déficitaire, ce qui signifie que l'Union européenne importe beaucoup plus depuis la Chine que l'inverse. Les importations depuis la Chine ont baissé d'environ 1 500 millions d'euros entre 2022 et 2023. En 2023, la balance commerciale des technologies renouvelables de l'Union européenne est également déficitaire avec le Brésil, l'Inde et le Canada. Elle est à l'inverse très excédentaire avec le Royaume-Uni, la Suisse, la Turquie et les États-Unis. Les importations et les exportations de la Russie ont significativement baissé en 2023, d'environ 17 millions d'euros et 43 millions d'euros respectivement. En outre, l'Union européenne affiche une baisse importante de ses importations depuis les États-Unis (158 millions d'euros), alors que ses exportations vers les États-Unis ont augmenté de manière significative (231 millions d'euros). ■



ÉNERGIE ÉOLIENNE

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – énergie éolienne

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Allemagne | 127 | 1483 | 1356 | 31,2 % | 56 |
| Danemark | 55 | 1274 | 1219 | 26,8 % | 93 |
| Espagne | 99 | 273 | 174 | 5,8 % | 46 |
| Hongrie | 0 | 2 | 1 | 0,0 % | -86 |
| Slovaquie | 0 | 1 | 0 | 0,0 % | -93 |
| Portugal | 20 | 21 | 0 | 0,4 % | 9 |
| Luxembourg | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Chypre | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Lettonie | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Slovénie | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Malte | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Croatie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -96 |
| Bulgarie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -94 |
| Tchéquie | 2 | 1 | -1 | 0,0 % | -92 |
| Roumanie | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -100 |
| Estonie | 9 | 0 | -8 | 0,0 % | -79 |
| Lituanie | 26 | 12 | -14 | 0,2 % | 8 |
| Irlande | 25 | 3 | -23 | 0,1 % | -83 |
| Belgique | 26 | 1 | -25 | 0,0 % | -96 |
| Autriche | 26 | 1 | -25 | 0,0 % | -94 |
| Grèce | 91 | 25 | -66 | 0,5 % | 32 |
| Italie | 93 | 1 | -93 | 0,0 % | -98 |
| Pologne | 143 | 2 | -141 | 0,0 % | -92 |
| France | 158 | 2 | -156 | 0,0 % | -94 |
| Finlande | 161 | 0 | -161 | 0,0 % | -93 |
| Suède | 181 | 0 | -181 | 0,0 % | -96 |
| Pays-Bas | 322 | 35 | -287 | 0,7 % | -57 |
| Total UE 27 | 1569 | 3139 | 1570 | 66 % | 34 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2022 – énergie éolienne

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Brésil | 3 | 921 | 918 | 19,4 % | 9 |
| Canada | 3 | 339 | 336 | 7,1 % | 51 |
| Chine | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Inde | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -100 |
| Japon | 62 | 0 | -62 | 0,0 % | -100 |
| Norvège | 143 | 67 | -76 | 1,4 % | -1 |
| Russie | 99 | 1 | -98 | 0,0 % | -92 |
| Suisse | 174 | 1 | -173 | 0,0 % | -98 |
| Turquie | 408 | 162 | -246 | 3,4 % | -40 |
| Royaume-Uni | 387 | 112 | -275 | 2,4 % | 1 |
| États-Unis | 455 | 1 | -454 | 0,0 % | -98 |
| Reste du monde | 2462 | 5 | -2663 | 0,1 % | -99 |

* n.d. non disponible. Source: EurObserv'ER

Dans l'éolien, l'Allemagne (31 %) et le Danemark (27 %) sont les principaux acteurs en termes d'exportations. Ils sont suivis par l'Espagne, qui présente aussi des taux d'exportation élevés (environ 6 %). Ces trois pays sont à l'origine d'environ 66 % des exportations mondiales liées aux technologies éoliennes. La part des exportations chinoises a légèrement baissé à 19,4 % en 2022, alors que la part des exportations indiennes est passée de 4,1 % en 2022 à 7,1 % en 2023. Les Pays-Bas ont quant à eux augmenté considérablement leurs

importations (d'environ 322 millions d'euros), devenant le plus gros importateur européen dans l'éolien en 2022. Des tendances similaires peuvent être observées pour la balance commerciale. Ici, les soldes les plus excédentaires sont observés en Allemagne, puis au Danemark, en Chine et en Espagne. Concernant la spécialisation des exportations (ACR), le Danemark est le pays le plus spécialisé dans le commerce des produits liés à la technologie éolienne. L'Allemagne et l'Espagne sont aussi très spécialisées dans

l'exportation de cette technologie. La spécialisation des exportations indiennes de technologie éolienne a progressé à 51 en 2022 et illustre le changement rapide de position de l'Inde dans le commerce mondial de produits liés à l'éolien.

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2023 – énergie éolienne

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Allemagne | 211 | 1450 | 1239 | 29,0 % | 53 |
| Danemark | 525 | 1454 | 929 | 29,1 % | 93 |
| France | 104 | 435 | 331 | 8,7 % | 45 |
| Espagne | 46 | 266 | 220 | 5,3 % | 43 |
| Portugal | 6 | 8 | 2 | 0,2 % | -37 |
| Slovaquie | 0 | 1 | 0 | 0,0 % | -94 |
| Chypre | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Luxembourg | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Slovénie | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Malte | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Lettonie | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Croatie | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Hongrie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -99 |
| Bulgarie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -98 |
| Tchéquie | 3 | 1 | -1 | 0,0 % | -92 |
| Belgique | 9 | 0 | -9 | 0,0 % | -100 |
| Irlande | 12 | 2 | -11 | 0,0 % | -88 |
| Roumanie | 16 | 0 | -15 | 0,0 % | -96 |
| Estonie | 16 | 0 | -15 | 0,0 % | -88 |
| Lituanie | 23 | 1 | -21 | 0,0 % | -70 |
| Autriche | 28 | 1 | -27 | 0,0 % | -96 |
| Pologne | 63 | 4 | -59 | 0,1 % | -85 |
| Italie | 84 | 4 | -80 | 0,1 % | -92 |
| Grèce | 114 | 14 | -99 | 0,3 % | 7 |
| Finlande | 110 | 1 | -109 | 0,0 % | -84 |
| Suède | 134 | 0 | -134 | 0,0 % | -99 |
| Pays-Bas | 445 | 84 | -361 | 1,7 % | -29 |
| Total UE 27 | 1949 | 3727 | 1779 | 75 % | 37 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2023 – énergie éolienne

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 3 | 671 | 667 | 13,4 % | -5 |
| Inde | 9 | 193 | 184 | 3,9 % | 30 |
| États-Unis | 226 | 378 | 153 | 7,6 % | -7 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Norvège | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -99 |
| Suisse | 10 | 0 | -10 | 0,0 % | -99 |
| Brésil | 114 | 1 | -114 | 0,0 % | -96 |
| Japon | 266 | 2 | -264 | 0,0 % | -95 |
| Turquie | 353 | 4 | -349 | 0,1 % | -81 |
| Canada | 473 | 1 | -472 | 0,0 % | -96 |
| Royaume-Uni | 562 | 7 | -556 | 0,1 % | -85 |
| Reste du monde | 2 014 | 11 | -2 091 | 0,2 % | -97 |

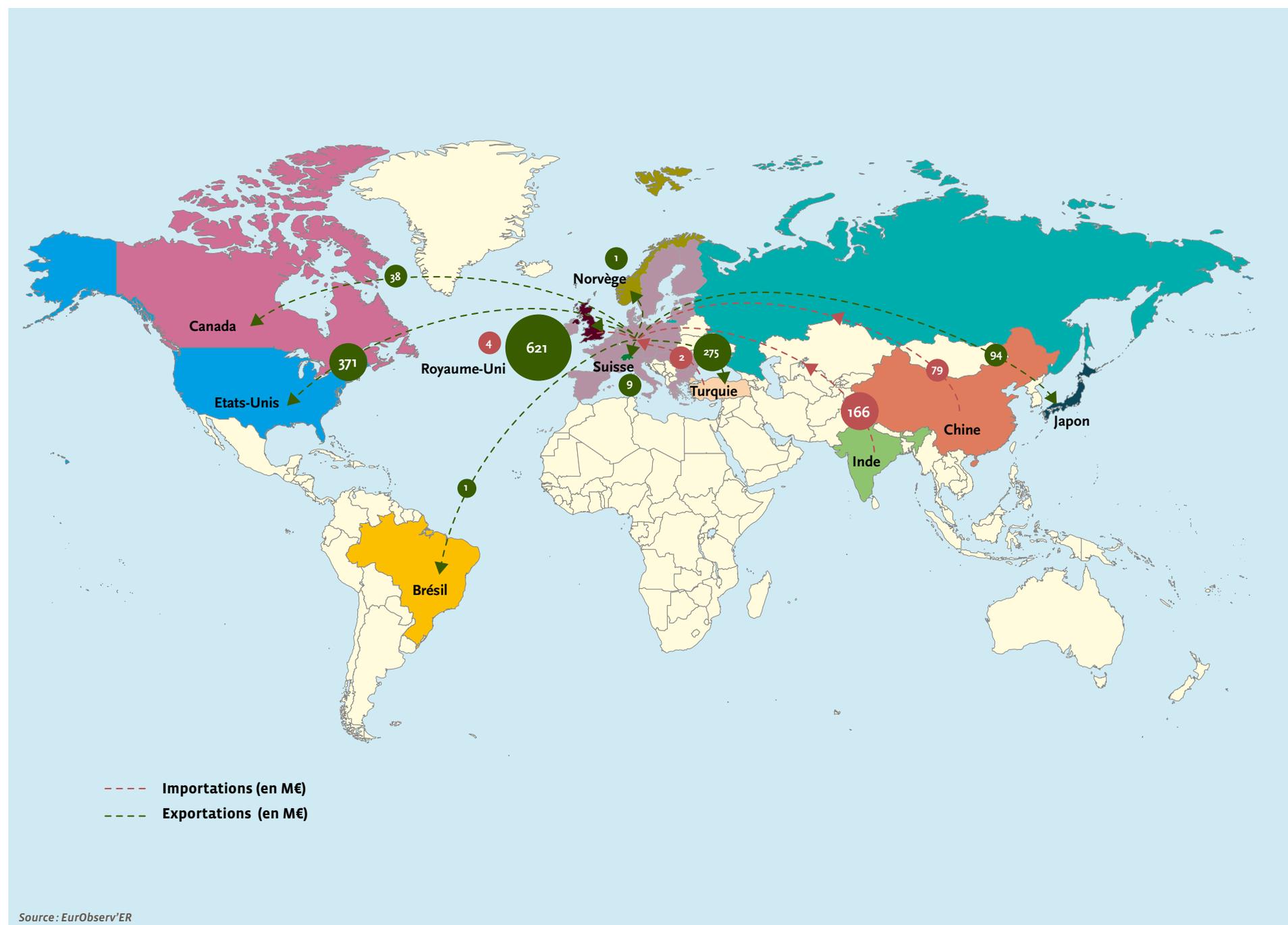
* n.d. non disponible. Source : EurObserv'ER

En 2023, l'Allemagne (29 %) et le Danemark (29 %) restent des acteurs majeurs en matière de parts d'exportation, malgré une baisse des exportations de l'Allemagne par rapport à 2022. La part des exportations de l'Espagne a baissé à 5 %. Au total, les exportations nettes de l'Union européenne sont passées de 66 % en 2022 à 75 % en 2023, principalement en raison de l'arrivée prochaine de la France en tant qu'exportateur net d'énergie éolienne (8,7 %). Les exportations chinoises ont baissé à 13 % en 2023, montrant une diminution de la dépendance du pays aux exportations mondiales de technologies éoliennes. Les exportations

de l'Inde et des États-Unis ont baissé à 4,9 %, tandis que la part des exportations des États-Unis a fortement augmenté (à 7,6 %) en 2023. En 2023, l'Allemagne et le Danemark ont montré une légère baisse de leurs exportations nettes (respectivement 1,2 et 0,9 milliard d'euros). La Chine arrive ensuite avec 0,7 milliard d'euros d'exportations nettes. Les Pays-Bas ont affiché la plus grosse baisse européenne en matière d'exportations nettes, à 361 millions d'euros en 2022. Le Danemark reste l'exportateur le plus spécialisé dans l'éolien, suivi de l'Allemagne et de l'Espagne. En 2023, nous avons observé un ACR

positif élevé (45) pour l'éolien en France. La spécialisation de la Chine dans l'exportation de technologie éolienne est devenue négative (-5) en 2023.

Échanges commerciaux de l'UE à 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2023 – énergie éolienne



Nous observons que la balance commerciale de l'UE est excédentaire avec la plupart de ses principaux partenaires commerciaux, notamment le Royaume-Uni, les États-Unis, la Turquie, la Norvège et le Japon. Les exportations nettes vers la Norvège, la Turquie, le Royaume-Uni et les États-Unis ont significativement baissé. Le total des exportations d'énergie éolienne vers des pays extérieurs à l'Union européenne a augmenté à hauteur de 1,4 milliard d'euros. L'UE était un importateur net de la Chine et de l'Inde en 2023, toutefois les importations nettes ont respectivement baissé d'environ 372 millions d'euros et 72 millions d'euros par rapport à 2022. ■

PHOTOVOLTAÏQUE

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – photovoltaïque

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Malte | 4 | 0 | -4 | 0,0 % | -100 |
| Luxembourg | 59 | 52 | -7 | 0,1 % | 5 |
| Lettonie | 33 | 4 | -30 | 0,0 % | -84 |
| Estonie | 44 | 4 | -39 | 0,0 % | -82 |
| Chypre | 46 | 0 | -46 | 0,0 % | -94 |
| Slovaquie | 66 | 8 | -57 | 0,0 % | -91 |
| Slovénie | 161 | 89 | -72 | 0,1 % | -23 |
| Lituanie | 91 | 10 | -81 | 0,0 % | -80 |
| Finlande | 90 | 1 | -89 | 0,0 % | -98 |
| Croatie | 140 | 49 | -91 | 0,1 % | -15 |
| Irlande | 187 | 1 | -186 | 0,0 % | -100 |
| Suède | 265 | 9 | -256 | 0,0 % | -95 |
| Danemark | 319 | 14 | -305 | 0,0 % | -89 |
| Tchéquie | 551 | 218 | -333 | 0,3 % | -45 |
| Roumanie | 380 | 12 | -368 | 0,0 % | -88 |
| Hongrie | 413 | 19 | -394 | 0,0 % | -87 |
| Belgique | 583 | 172 | -411 | 0,3 % | -70 |
| Bulgarie | 484 | 21 | -463 | 0,0 % | -67 |
| Portugal | 1 176 | 706 | -470 | 1,1 % | 46 |
| Autriche | 651 | 104 | -547 | 0,2 % | -63 |
| Grèce | 1 082 | 342 | -741 | 0,5 % | 32 |
| France | 1 262 | 211 | -1 050 | 0,3 % | -72 |
| Pologne | 1 125 | 62 | -1 063 | 0,1 % | -83 |
| Italie | 1 534 | 84 | -1 450 | 0,1 % | -87 |
| Pays-Bas | 3 966 | 1 752 | -2 214 | 2,8 % | -8 |
| Allemagne | 4 194 | 1 448 | -2 746 | 2,3 % | -47 |
| Espagne | 3 329 | 155 | -3 174 | 0,2 % | -70 |
| Total UE 27 | 21 108 | 5 485 | -15 624 | 9 % | -49 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2022 – photovoltaïque

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 1 466 | 42 796 | 41 330 | 67,9 % | 56 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Norvège | 73 | 0 | -72 | 0,0 % | -100 |
| Canada | 395 | 179 | -216 | 0,3 % | -75 |
| Suisse | 454 | 5 | -450 | 0,0 % | -98 |
| Royaume-Uni | 638 | 23 | -616 | 0,0 % | -95 |
| Inde | 1 231 | 528 | -702 | 0,8 % | -36 |
| Turquie | 1 161 | 221 | -940 | 0,4 % | -46 |
| Japon | 2 108 | 58 | -2 050 | 0,1 % | -91 |
| Brésil | 3 673 | 0 | -3 672 | 0,0 % | -100 |
| États-Unis | 10 130 | 44 | -10 086 | 0,1 % | -97 |
| Reste du monde | 8 215 | 13 658 | 5 899 | 21,7 % | -14 |

* n.d. non disponible. Source: Eurobserv'ER

En matière de technologie photovoltaïque, la Chine reste leader avec près de 68 % des exportations mondiales. Les Pays-Bas (2,8 %), l'Allemagne (2,3 %) et le Portugal (1,1 %) arrivent ensuite à bonne distance. Au total, l'Union européenne représente 9 % des exportations en 2022. Le pourcentage est également élevé pour la catégorie « Reste du monde » (22 % en 2022), ce qui montre l'existence de gros exportateurs qui ne figurent pas dans la liste ci-dessus. Concernant les exportations nettes de technologie photovol-

taïque, seule la Chine affiche une balance commerciale significative. Tous les autres pays de cette étude ont une balance commerciale déficitaire et importent donc plus de technologie photovoltaïque qu'ils n'en exportent. Les États-Unis présentent le solde le plus négatif, suivis du Brésil, de l'Espagne et de l'Allemagne, ce qui implique que ces pays dépendent fortement des importations en provenance d'autres pays dans ce secteur. Ces tendances se reflètent également dans les valeurs de l'ACR. La Chine est le pays le plus spécialisé dans

les produits photovoltaïques, suivie par le Portugal, la Grèce et le Luxembourg. Tous les autres pays affichent des valeurs d'ACR négatives.

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2023 – photovoltaïque

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Malte | 4 | n.d.* | -4 | 0,0 % | n.d.* |
| Luxembourg | 56 | 49 | -8 | 0,1 % | -1 |
| Chypre | 38 | 0 | -38 | 0,0 % | -98 |
| Slovaquie | 68 | 8 | -59 | 0,0 % | -93 |
| Slovénie | 164 | 94 | -70 | 0,1 % | -28 |
| Lettonie | 77 | 4 | -73 | 0,0 % | -84 |
| Croatie | 127 | 37 | -90 | 0,1 % | -29 |
| Estonie | 97 | 5 | -92 | 0,0 % | -81 |
| Finlande | 106 | 2 | -103 | 0,0 % | -96 |
| Irlande | 132 | 7 | -125 | 0,0 % | -96 |
| Danemark | 187 | 44 | -143 | 0,1 % | -75 |
| Lituanie | 188 | 25 | -163 | 0,0 % | -61 |
| Hongrie | 228 | 17 | -212 | 0,0 % | -90 |
| Tchéquie | 406 | 156 | -250 | 0,2 % | -60 |
| Suède | 332 | 13 | -319 | 0,0 % | -93 |
| Bulgarie | 496 | 33 | -463 | 0,0 % | -57 |
| Roumanie | 522 | 9 | -513 | 0,0 % | -91 |
| Grèce | 904 | 371 | -533 | 0,5 % | 33 |
| Autriche | 688 | 131 | -557 | 0,2 % | -61 |
| Belgique | 719 | 153 | -566 | 0,2 % | -71 |
| Portugal | 1160 | 591 | -569 | 0,9 % | 35 |
| Pologne | 1125 | 62 | -1063 | 0,1 % | -83 |
| France | 1522 | 229 | -1293 | 0,3 % | -73 |
| Pays-Bas | 3457 | 1636 | -1822 | 2,4 % | -14 |
| Italie | 2053 | 85 | -1968 | 0,1 % | -88 |
| Allemagne | 3675 | 1134 | -2541 | 1,7 % | -58 |
| Espagne | 2750 | 181 | -2569 | 0,3 % | -69 |
| Total UE 27 | 20 156 | 5 012 | -16 208 | 7 % | -55 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2023 – photovoltaïque

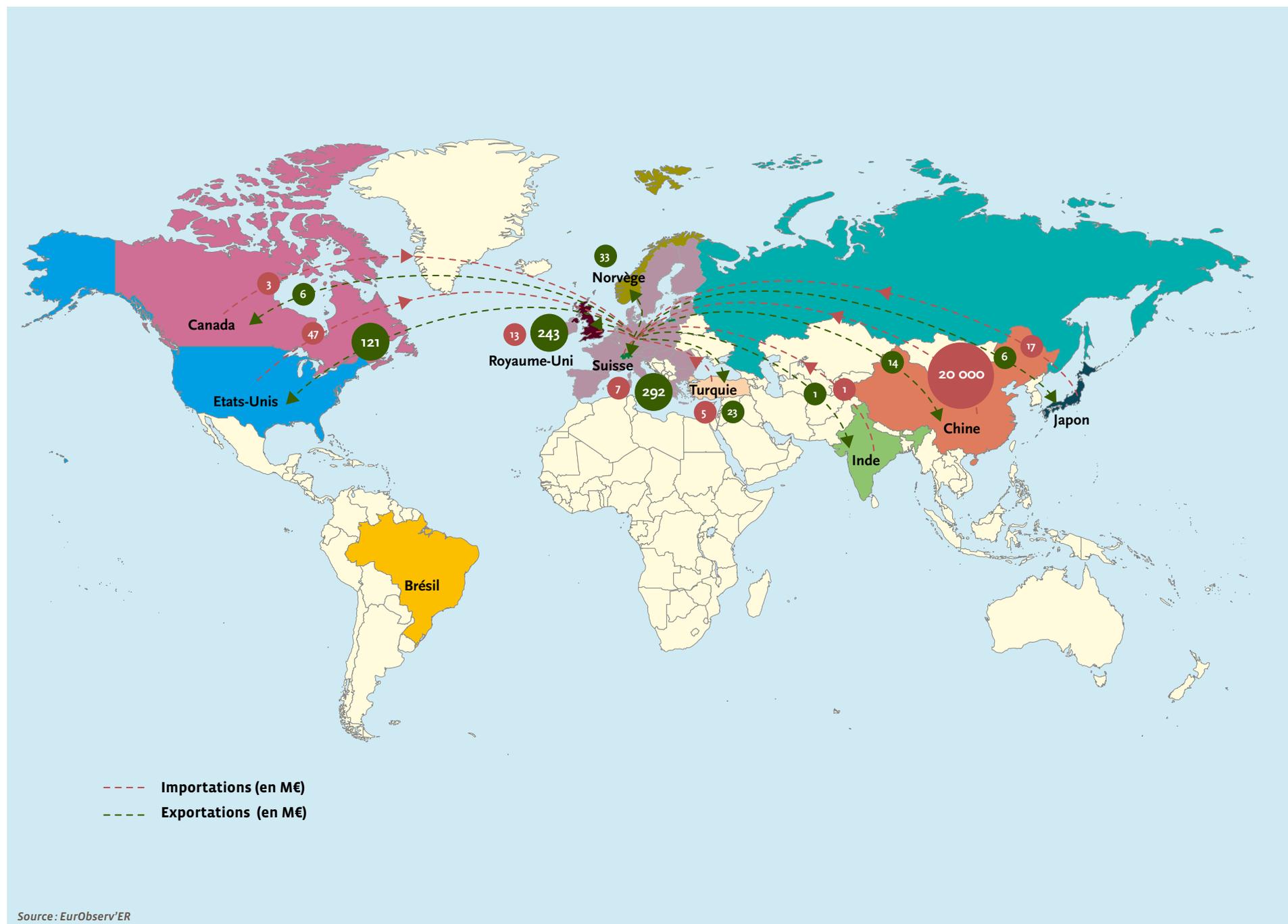
| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 625 | 41 828 | 41 203 | 61,0 % | 54 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Norvège | 101 | 1 | -100 | 0,0 % | -99 |
| Canada | 456 | 207 | -249 | 0,3 % | -73 |
| Suisse | 579 | 15 | -564 | 0,0 % | -96 |
| Royaume-Uni | 918 | 37 | -881 | 0,1 % | -93 |
| Turquie | 1 486 | 493 | -994 | 0,7 % | -20 |
| Japon | 1 640 | 145 | -1 495 | 0,2 % | -83 |
| Inde | 4 807 | 1 757 | -3 050 | 2,6 % | 13 |
| Brésil | 3 807 | 0 | -3 807 | 0,0 % | -100 |
| États-Unis | 19 149 | 89 | -19 059 | 0,1 % | -95 |
| Reste du monde | 12 462 | 18 970 | 6 796 | 27,7 % | -4 |

* n.d. non disponible. Source: Eurobserv'ER

La Chine confirme de nouveau sa position de leader en 2023 en enregistrant une forte augmentation totale de 61 % des exportations mondiales de technologie photovoltaïque. L'Inde (2,6 %), les Pays-Bas (2,4 %), l'Allemagne (1,7 %) et le Portugal (0,9 %) arrivent ensuite. La part des exportations de l'Union européenne a baissé à 7 % en 2022. La Chine reste le seul exportateur net et affiche un pourcentage positif significatif en matière d'exportations nettes de technologie photovoltaïque. Tous les autres pays de cette étude, y compris ceux de l'UE, présentent une balance commerciale déficitaire. Les exportations nettes

des États-Unis et de l'Inde ont respectivement baissé de plus de 9 milliards d'euros et de 1 milliard d'euros. La Chine reste le pays le plus spécialisé dans les produits photovoltaïques, suivie par le Portugal et la Grèce. L'ACR positif de l'Inde a significativement augmenté, tandis que celui des autres pays affiche des valeurs négatives.

Échanges commerciaux de l'UE à 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2023 – photovoltaïque



La carte illustre le fait que l'UE est un gros importateur net de technologie photovoltaïque depuis la Chine. En réalité, les importations nettes depuis la Chine ont baissé de 21 milliards d'euros en 2022 à 20 milliards d'euros en 2023. L'UE possède également une balance commerciale déficitaire avec le Japon et l'Inde pour le photovoltaïque. D'autre part, l'UE est un exportateur net de technologie photovoltaïque pour les autres pays de la comparaison. Les balances commerciales les plus excédentaires observées sont celles impliquant la Suisse, le Royaume-Uni, les États-Unis, la Norvège et la Turquie. ■

BIOCARBURANTS

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – biocarburants

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Hongrie | 30 | 648 | 617 | 5,0 % | 71 |
| Belgique | 199 | 517 | 318 | 4,0 % | 29 |
| Autriche | 51 | 212 | 162 | 1,6 % | 25 |
| Espagne | 167 | 327 | 160 | 2,5 % | 13 |
| Bulgarie | 9 | 105 | 96 | 0,8 % | 51 |
| Slovaquie | 36 | 118 | 82 | 0,9 % | 28 |
| Pologne | 177 | 251 | 74 | 1,9 % | 11 |
| Malte | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -100 |
| Chypre | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -100 |
| Luxembourg | 3 | 0 | -3 | 0,0 % | -97 |
| Estonie | 7 | 0 | -6 | 0,0 % | -90 |
| Slovénie | 8 | 1 | -7 | 0,0 % | -94 |
| Croatie | 14 | 0 | -14 | 0,0 % | -94 |
| Lettonie | 28 | 7 | -21 | 0,1 % | -26 |
| Portugal | 34 | 4 | -29 | 0,0 % | -77 |
| Lituanie | 71 | 35 | -36 | 0,3 % | 13 |
| Tchéquie | 78 | 30 | -47 | 0,2 % | -57 |
| Irlande | 69 | 2 | -68 | 0,0 % | -95 |
| Finlande | 96 | n.d.* | -96 | 0,0 % | n.d.* |
| Grèce | 171 | 0 | -170 | 0,0 % | -98 |
| Pays-Bas | 2 018 | 1 834 | -184 | 14,2 % | 56 |
| Roumanie | 186 | 1 | -184 | 0,0 % | -93 |
| Italie | 279 | 90 | -188 | 0,7 % | -55 |
| France | 843 | 654 | -189 | 5,0 % | 27 |
| Danemark | 254 | 20 | -234 | 0,2 % | -51 |
| Suède | 470 | 231 | -240 | 1,8 % | 30 |
| Allemagne | 1 525 | 513 | -1 012 | 4,0 % | -26 |
| Total UE 27 | 6 824 | 5 601 | -1 223 | 43 % | 16 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2022 – biocarburants

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| États-Unis | 564 | 3 576 | 3 012 | 27,6 % | 45 |
| Brésil | 202 | 1 622 | 1 420 | 12,5 % | 73 |
| Chine | 3 | 11 | 8 | 0,1 % | -98 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Norvège | 53 | 0 | -53 | 0,0 % | -100 |
| Turquie | 94 | 11 | -84 | 0,1 % | -81 |
| Inde | 221 | 91 | -130 | 0,7 % | -42 |
| Suisse | 175 | 7 | -169 | 0,1 % | -91 |
| Japon | 649 | 1 | -648 | 0,0 % | -99 |
| Royaume-Uni | 1 019 | 184 | -834 | 1,4 % | -21 |
| Canada | 1 364 | 197 | -1 168 | 1,5 % | -23 |
| Reste du monde | 2 218 | 1 656 | -561 | 12,8 % | -35 |

* n.d. non disponible. Source: EurObserv'ER

Dans le secteur des biocarburants (comprenant les alcools éthyliques dont la teneur en alcool est supérieure ou égale à 80 % vol. ainsi que les alcools dénaturés), une image différente se dessine. Ici, ce sont l'Union européenne, les États-Unis et le Brésil qui arrivent en tête en termes de part des exportations mondiales. En 2022 et 2023, plus de 80 % des exportations mondiales proviennent de ces trois régions du monde. Les autres acteurs majeurs en termes d'exportations sont les Pays-Bas, la France, la Hongrie, la Belgique et

l'Allemagne. Concernant les exportations nettes, la valeur élevée des États-Unis montre qu'ils exportent beaucoup plus de biocarburants qu'ils n'en importent. Des valeurs élevées sont également observées au Brésil, en Hongrie et en Belgique. Les soldes les plus négatifs s'observent au Canada, en Allemagne, au Royaume-Uni et au Japon, ce qui montre que ces pays dépendent fortement des importations en provenance d'autres pays pour les biocarburants. Ces tendances se confirment encore lorsqu'on examine les valeurs de

l'ACR. Le Brésil est le pays le plus spécialisé dans les produits liés aux biocarburants, suivi de la Hongrie, des Pays-Bas, de la Bulgarie et des États-Unis.

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2023 – biocarburants

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Hongrie | 31 | 509 | 478 | 4,0 % | 64 |
| Pays-Bas | 1 521 | 1 998 | 477 | 15,6 % | 59 |
| Slovaquie | 14 | 128 | 114 | 1,0 % | 28 |
| Espagne | 300 | 404 | 104 | 3,2 % | 23 |
| Bulgarie | 9 | 92 | 84 | 0,7 % | 49 |
| Pologne | 152 | 219 | 67 | 1,7 % | 4 |
| Belgique | 393 | 416 | 23 | 3,3 % | 26 |
| Malte | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Chypre | 1 | n.d.* | -1 | 0,0 % | n.d.* |
| Luxembourg | 3 | 0 | -2 | 0,0 % | -95 |
| Lettonie | 9 | 7 | -3 | 0,1 % | -24 |
| Slovénie | 6 | 0 | -6 | 0,0 % | -96 |
| Estonie | 7 | 0 | -7 | 0,0 % | -94 |
| Lituanie | 93 | 83 | -9 | 0,7 % | 49 |
| Croatie | 11 | 0 | -10 | 0,0 % | -96 |
| Portugal | 37 | 7 | -30 | 0,1 % | -68 |
| Finlande | 55 | n.d.* | -55 | 0,0 % | n.d.* |
| Irlande | 57 | 2 | -56 | 0,0 % | -95 |
| Tchéquie | 90 | 32 | -59 | 0,2 % | -58 |
| Autriche | 89 | n.d.* | -89 | 0,0 % | n.d.* |
| Grèce | 90 | 0 | -90 | 0,0 % | -97 |
| Suède | 340 | 201 | -139 | 1,6 % | 25 |
| Roumanie | 163 | 5 | -158 | 0,0 % | -79 |
| Italie | 273 | 112 | -161 | 0,9 % | -49 |
| Danemark | 207 | 2 | -205 | 0,0 % | -92 |
| France | 1 134 | 640 | -494 | 5,0 % | 24 |
| Allemagne | 1 299 | 406 | -893 | 3,2 % | -36 |
| Total UE 27 | 6 385 | 5 265 | -1 120 | 4,1 % | 14 |

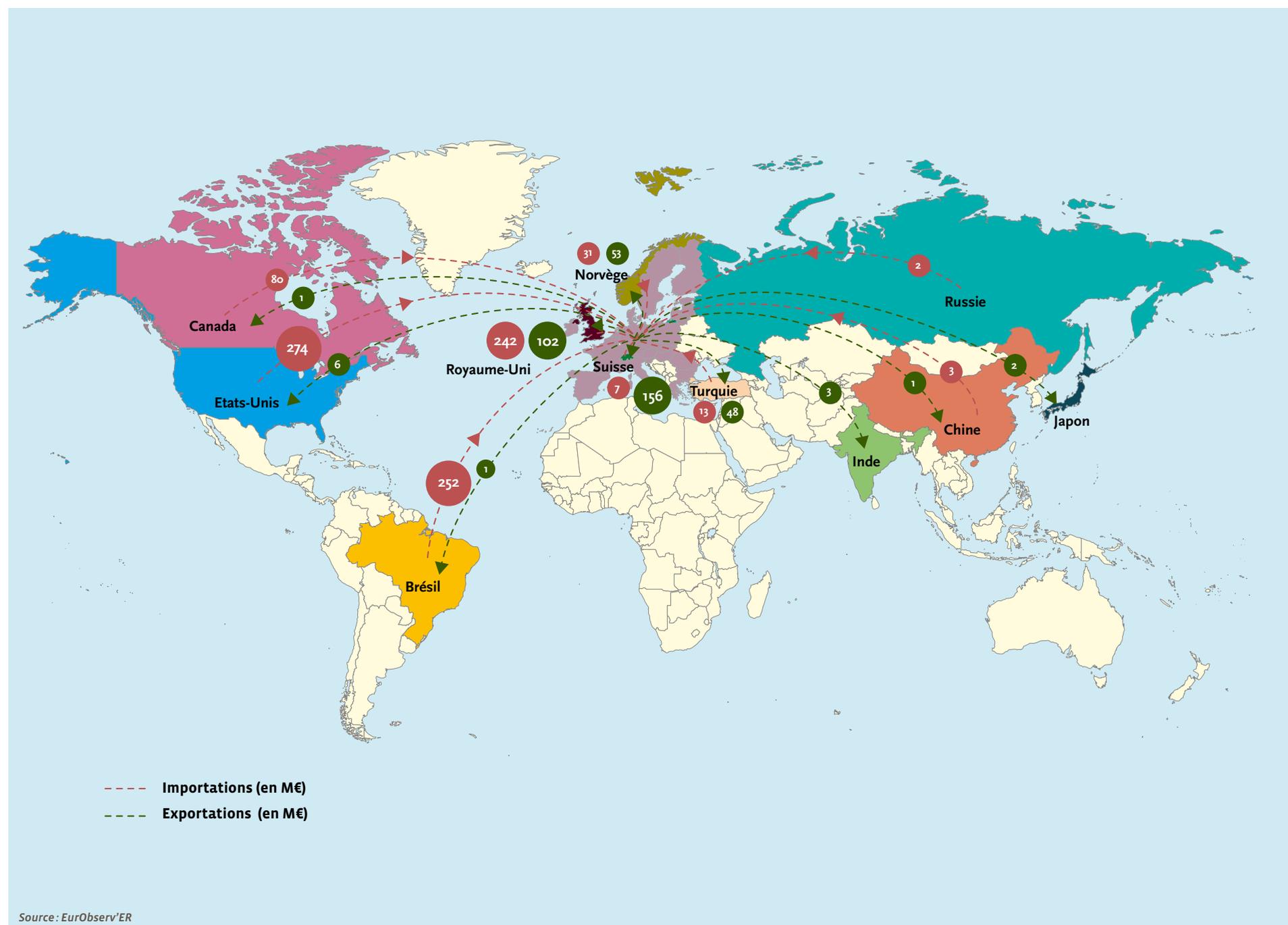
Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2023 – biocarburants

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| États-Unis | 399 | 3 784 | 3 386 | 29,6 % | 48 |
| Brésil | 38 | 1 540 | 1 502 | 12,1 % | 72 |
| Chine | 2 | 27 | 25 | 0,2 % | -95 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Turquie | 73 | 9 | -64 | 0,1 % | -84 |
| Norvège | 69 | 0 | -69 | 0,0 % | -100 |
| Inde | 216 | 112 | -105 | 0,9 % | -33 |
| Suisse | 174 | 8 | -166 | 0,1 % | -90 |
| Japon | 674 | 1 | -673 | 0,0 % | -99 |
| Royaume-Uni | 991 | 232 | -759 | 1,8 % | -11 |
| Canada | 1 611 | 201 | -1 409 | 1,6 % | -20 |
| Reste du monde | 2 441 | 1 592 | -849 | 12,5 % | -37 |

* n.d. non disponible. Source: EurObserv'ER

En 2023, les importations et exportations de biocarburants ont toutes deux baissé dans l'Union européenne et les importations nettes ont légèrement baissé, jusqu'à 1 120 millions d'euros. La part des exportations mondiales est passée de 43 % en 2022 à 41 % en 2023. Les États-Unis, les Pays-Bas et le Brésil restent les plus gros exportateurs de biocarburants. Les exportations nettes des États-Unis ont augmenté de 343 millions d'euros, tandis que celles du Canada ont baissé de 242 millions d'euros en 2023. Le Brésil reste le pays le plus spécialisé dans le commerce des biocarburants.

Échanges commerciaux de l'UE à 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2023 – biocarburants



En 2023, l'UE était une importatrice nette de biocarburants depuis les États-Unis, le Brésil, le Royaume-Uni et le Canada. Les importations nettes ont augmenté depuis les États-Unis et le Brésil par rapport à 2022. Parmi les biocarburants exportés par l'Union européenne, les plus grosses quantités sont destinées aux États-Unis, au Brésil et au Royaume-Uni. La balance commerciale de l'UE avec les États-Unis et le Brésil est excédentaire. ■

HYDROÉLECTRICITÉ

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – hydroélectricité

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Autriche | 36 | 116 | 79 | 15,3 % | 84 |
| Italie | 15 | 64 | 49 | 8,5 % | 44 |
| Allemagne | 18 | 67 | 49 | 8,9 % | 8 |
| Tchéquie | 3 | 33 | 30 | 4,3 % | 54 |
| Slovénie | 9 | 36 | 27 | 4,8 % | 86 |
| France | 14 | 24 | 10 | 3,2 % | 7 |
| Espagne | 8 | 17 | 9 | 2,3 % | 9 |
| Portugal | 0 | 4 | 4 | 0,5 % | 17 |
| Bulgarie | 1 | 3 | 3 | 0,4 % | 30 |
| Pays-Bas | 0 | 3 | 2 | 0,4 % | -73 |
| Croatie | 0 | 2 | 2 | 0,3 % | 42 |
| Finlande | 2 | 4 | 1 | 0,5 % | 10 |
| Pologne | 1 | 2 | 1 | 0,3 % | -62 |
| Belgique | 0 | 1 | 1 | 0,1 % | -82 |
| Malte | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Lituanie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -98 |
| Danemark | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -79 |
| Chypre | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Slovaquie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -93 |
| Estonie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -100 |
| Irlande | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -93 |
| Lettonie | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -87 |
| Suède | 4 | 3 | -1 | 0,4 % | -35 |
| Roumanie | 2 | 1 | -1 | 0,1 % | -58 |
| Luxembourg | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -92 |
| Hongrie | 3 | 2 | -2 | 0,2 % | -43 |
| Grèce | 3 | 0 | -3 | 0,0 % | -99 |
| Total UE 27 | 124 | 382 | 258 | 50 % | 23 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2022 – hydroélectricité

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 2 | 162 | 161 | 19,8 % | 14 |
| Inde | 4 | 45 | 41 | 5,5 % | 44 |
| Brésil | 4 | 45 | 41 | 5,5 % | 54 |
| Turquie | 8 | 11 | 3 | 1,3 % | 10 |
| Royaume-Uni | 15 | 17 | 1 | 2,0 % | -2 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| Japon | 14 | 7 | -7 | 0,8 % | -52 |
| États-Unis | 39 | 24 | -15 | 3,0 % | -42 |
| Suisse | 22 | 7 | -15 | 0,8 % | -29 |
| Canada | 32 | 16 | -16 | 1,9 % | -9 |
| Norvège | 21 | 1 | -20 | 0,2 % | -69 |
| Reste du monde | 333 | 40 | -293 | 4,9 % | -64 |

* n.d. non disponible. Source: Eurobserv'ER

Dans le secteur de l'hydroélectricité, la situation est plus équilibrée que dans le photovoltaïque ou l'éolien. Au sein de l'UE, les pourcentages les plus élevés peuvent être observés en Autriche (15 %), en Allemagne (9 %), en Italie (9 %), en Slovénie (5 %), en République tchèque (4 %) et en France (3 %). En résumé, l'Union européenne est à l'origine de plus de 50 % des exportations mondiales dans l'hydroélectricité. La Chine affiche, quant à elle, une valeur très élevée (20 %) pour un pays seul. Elle est suivie par le Brésil et

l'Inde à 5,5 %. Les balances commerciales les plus excédentaires au sein de l'Union européenne sont enregistrées par l'Autriche, l'Allemagne, l'Italie, la Slovénie, la République tchèque, la France et l'Espagne. Toutefois, c'est la Chine qui présente la valeur la plus élevée à l'échelle mondiale. La Russie, la Suisse, le Japon et la Norvège affichent une balance commerciale déficitaire. Les valeurs de spécialisation révèlent une situation assez favorable pour l'Europe, où neuf États membres présentent un ACR positif. La Slovénie et l'Autriche

sont les pays les plus spécialisés dans l'exportation de produits liés à l'hydroélectricité, devant le Brésil, l'Italie et l'Inde. La Chine aussi présente un ACR positif, mais sa spécialisation reste bien plus marquée dans le photovoltaïque que dans l'hydroélectricité.

Échanges internationaux de l'UE à 27 (incluant les échanges intra-UE). 2023 – hydroélectricité

| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Allemagne | 21 | 80 | 59 | 9,8 % | 11 |
| Italie | 25 | 65 | 40 | 8,0 % | 40 |
| Tchéquie | 3 | 39 | 36 | 4,7 % | 55 |
| Autriche | 40 | 66 | 25 | 8,0 % | 73 |
| Espagne | 7 | 31 | 24 | 3,8 % | 29 |
| Slovénie | 8 | 26 | 18 | 3,2 % | 80 |
| France | 17 | 25 | 7 | 3,0 % | 2 |
| Pays-Bas | 0 | 6 | 5 | 0,7 % | -59 |
| Bulgarie | 1 | 6 | 5 | 0,7 % | 49 |
| Croatie | 0 | 3 | 3 | 0,4 % | 48 |
| Hongrie | 0 | 3 | 3 | 0,3 % | -33 |
| Portugal | 1 | 3 | 2 | 0,4 % | 4 |
| Pologne | 0 | 2 | 1 | 0,2 % | -69 |
| Belgique | 0 | 1 | 1 | 0,1 % | -86 |
| Lettonie | 0 | 0 | 0 | 0,0 % | -45 |
| Chypre | 0 | 0 | 0 | 0,0 % | -96 |
| Lituanie | 0 | 0 | 0 | 0,0 % | -70 |
| Malte | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Estonie | 0 | n.d.* | -0 | 0,0 % | n.d.* |
| Slovaquie | 0 | 0 | -0 | 0,0 % | -92 |
| Roumanie | 2 | 2 | -0 | 0,3 % | -22 |
| Irlande | 1 | 0 | -0 | 0,0 % | -88 |
| Danemark | 1 | 0 | -0 | 0,0 % | -91 |
| Suède | 5 | 4 | -1 | 0,5 % | -28 |
| Finlande | 2 | 1 | -1 | 0,2 % | -31 |
| Luxembourg | 1 | 0 | -1 | 0,0 % | -35 |
| Grèce | 2 | 0 | -1 | 0,0 % | -71 |
| Total UE 27 | 140 | 363 | 224 | 44 % | 17 |

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE à 27). 2023 – hydroélectricité

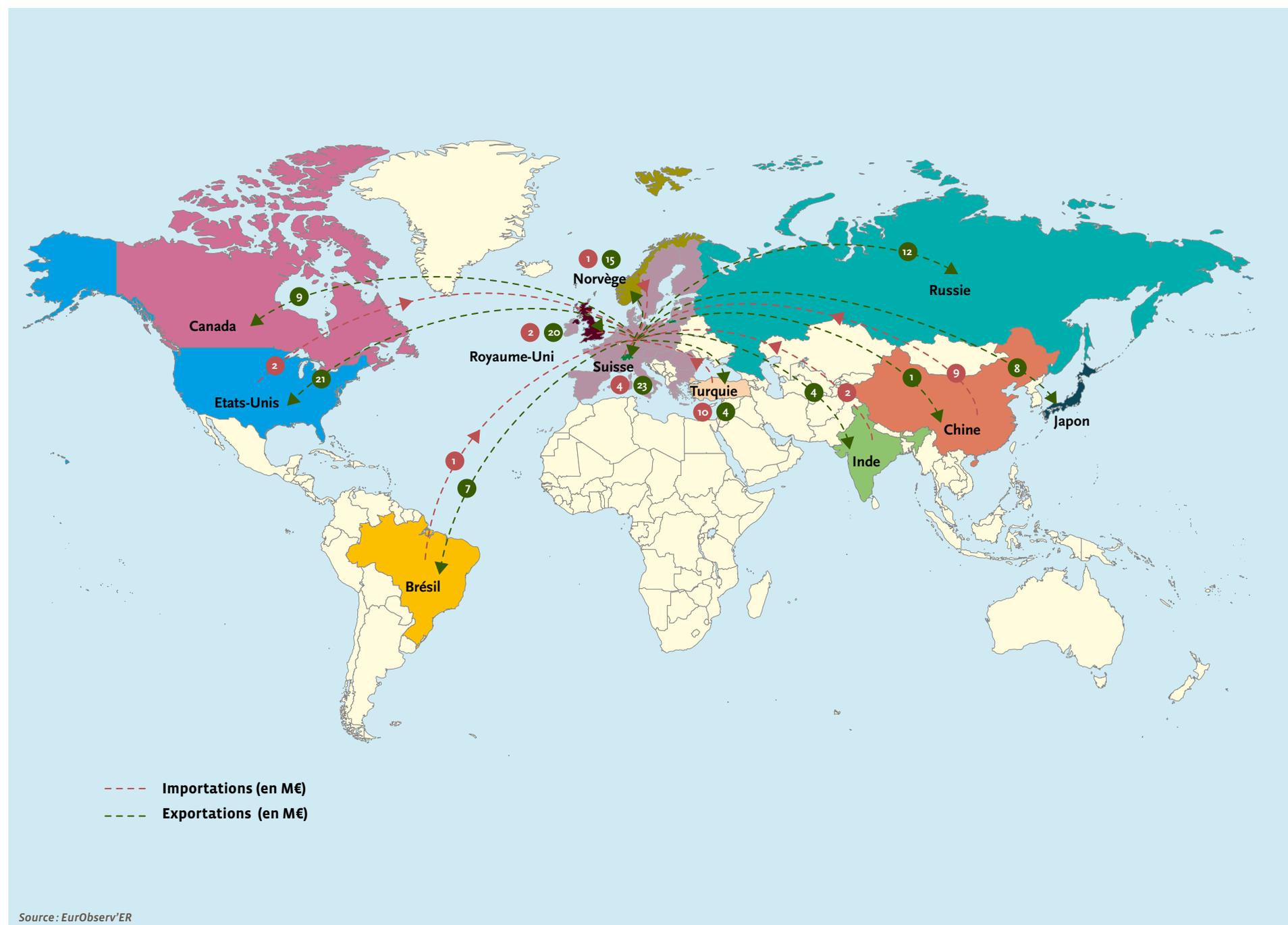
| | Importations (en M€) | Exportations (en M€) | Exportations nettes (en M€) | Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables | Spéciali- sation des exportations (ACR) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Chine | 2 | 227 | 225 | 26,6 % | 26 |
| Inde | 7 | 48 | 41 | 5,6 % | 45 |
| Brésil | 5 | 21 | 16 | 2,4 % | 22 |
| Turquie | 7 | 19 | 12 | 2,2 % | 29 |
| Russie | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,0 % | n.d.* |
| États-Unis | 45 | 44 | -2 | 5,1 % | -22 |
| Japon | 14 | 5 | -9 | 0,6 % | -59 |
| Royaume-Uni | 30 | 21 | -9 | 2,4 % | 4 |
| Norvège | 14 | 2 | -13 | 0,2 % | -53 |
| Canada | 26 | 12 | -14 | 1,5 % | -22 |
| Suisse | 23 | 6 | -18 | 0,7 % | -41 |
| Reste du monde | 386 | 51 | -335 | 5,9 % | -60 |

* n.d. non disponible. Source: Eurobserv'ER

En 2023, les exportations nettes de produits liés à l'hydroélectricité dans l'Union européenne ont baissé par rapport à 2022. La part des exportations de l'UE a été ramenée à 44 % des exportations totales. La plus forte baisse a été observée en Autriche, de 15 % en 2022 à 8 % du total des exportations en 2023. La Chine et les États-Unis ont également vu leurs exportations s'accroître, tout comme leur part dans les exportations mondiales. À l'inverse, le Brésil et le Canada ont moins exporté et leur part dans les exportations mondiales a baissé. L'Allemagne, l'Espagne et la République tchèque ont

vu la part de leurs exportations s'accroître. Il n'existe par ailleurs aucune modification importante dans les exportations nettes. S'agissant de la spécialisation des exportations, deux pays de l'Union européenne se détachent avec des ACR élevés : la Slovaquie et l'Autriche. La République tchèque et l'Inde affichent également un indice de spécialisation élevé.

Échanges commerciaux de l'UE à 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2023 – hydroélectricité



La figure illustre le fait que les flux commerciaux de l'hydroélectricité sont minimes par rapport à ceux du photovoltaïque, de l'éolien et des biocarburants. L'UE possède une balance commerciale excédentaire avec la plupart de ses principaux partenaires commerciaux. Les plus gros excédents sont observés dans les échanges avec la Suisse, les États-Unis, le Royaume-Uni et la Norvège. La Chine, la Turquie et l'Inde affichent des balances commerciales déficitaires pour l'hydroélectricité. ■

CONCLUSION

Les données relatives aux exportations dans le domaine des technologies renouvelables témoignent de la forte position de la Chine ces dernières années. La force de la Chine provient principalement de ses atouts dans la technologie photovoltaïque et, dans une moindre mesure, dans l'hydroélectricité. La Chine est aussi le pays d'où l'Union européenne importe la plus grande quantité de technologies renouvelables, majoritairement dans le photovoltaïque. En matière de technologie photovoltaïque, la part des exportations mondiales de l'Union européenne est faible (7 %) par rapport à celle de la Chine (61 %).

Dans le secteur de l'éolien, l'Allemagne et le Danemark, mais aussi la France, l'Espagne et les États-Unis comptent parmi les pays les plus compétitifs et jouent un rôle majeur sur les marchés mondiaux de l'exportation. Ces cinq pays totalisent plus de 80 % des exportations mondiales. Le rôle de la Chine dans les exportations de technologie éolienne a continuellement pris de l'ampleur ces dernières années. Toutefois, en 2023, sa part dans les exportations

mondiales a reculé à 13 %, la plaçant au troisième rang des exportateurs nets, derrière l'Allemagne et le Danemark.

L'Union européenne est un acteur majeur du marché des biocarburants avec une part de 41 % des exportations mondiales. Les États-Unis et le Brésil représentent 42 % des exportations mondiales, ce qui montre le rôle important joué par ces pays et par l'UE. Au sein de l'Union européenne, les Pays-Bas, la France et la Hongrie sont les plus gros exportateurs, devant la Belgique, l'Allemagne et l'Espagne. L'Allemagne importe toutefois beaucoup plus de biocarburants qu'elle n'en exporte et possède donc une balance commerciale fortement déficitaire. À l'exception de la France, les trois autres pays européens mentionnés ont une balance commerciale excédentaire.

Le secteur de l'hydroélectricité présente une situation très équilibrée. Plusieurs pays européens sont présents sur les marchés d'exportation mondiaux, tandis que la Chine est responsable d'une part relativement importante. La part de l'Union européenne dans

les exportations mondiales est retombée sous la barre des 50 %, atteignant 44 % en 2023, avec l'Allemagne en tête des exportations. Globalement, l'Union européenne jouit d'une forte compétitivité dans toutes les technologies d'énergies renouvelables. La part du total de ses exportations a pourtant baissé de 18 % en 2022 à 17 % en 2023. Les États-Unis sont surtout bien placés dans le secteur des biocarburants et y renforcent leur position, tandis que dans d'autres secteurs, leur contribution est très inférieure à celle de l'Union européenne. L'Union européenne affiche une balance commerciale excédentaire avec le Royaume-Uni, la Suisse, la Turquie, les États-Unis, le Japon, la Norvège et la Russie. Les exportations de la Chine ont considérablement augmenté et représentent un peu moins de 50 % du total des exportations de technologies renouvelables en 2023. ■



SOURCES

ORGANISATIONS EUROPÉENNES ET INTERNATIONALES, PRESSE

- Bioenergy Europe (<https://bioenergyeurope.org>)
- Cewep – Confederation of European Waste-to-Energy Plants (www.cewep.eu)
- European Alternative Fuels Observatory (<https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu>)
- EBA – European Biogas Association (www.european-biogas.eu)
- EBB – European Biodiesel Board (www.ebb-eu.org)
- Egec – European Geothermal Energy Council (www.egec.org)
- EHPA – European Heat Pump Association (www.ehpa.org)
- Ocean Energy Europe (www.oceanenergy-europe.eu)
- Eurostat – Statistique européenne/European Statistics (www.ec.europa.eu/eurostat/fr)
- Eurostat Shares (Short Assessment of Renewable Energy Sources) (<https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/energy/database/additional-data>)
- European Alternative Fuels Observatory (<https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu>)
- Acea Driving mobility for Europe (<https://www.acea.auto>)
- WindEurope (<https://windeurope.org>)
- Gwec – Global Wind Energy Council (www.gwec.net)
- IEA – International Energy Agency (www.iea.org)
- JRC – Joint Research Centre, Renewable Energy Unit (<https://ec.europa.eu/jrc/en>)
- Irena – International Renewable Energy Agency (www.irena.org)
- National energy and climate plans (NECPs)
- PVPS – IEA Photovoltaic Power Systems Programme (www.iea-pvps.org)
- REN 21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (www.ren21.net)
- Solar Heat Europe (<http://solarheateurope.eu/>)
- Solarthermal World (www.solarthermalworld.org)
- SolarPower Europe (<https://www.solarpowereurope.org>)

AUTRICHE

- AEE - Institute for Sustainable Technologies (www.aee-intec.at)
- IG Windkraft – Austrian Wind Energy Association (www.igwindkraft.at)
- ENFOS® e.U. - Energie und Forst, Forschung und Service (www.enfos.at)
- Nachhaltig Wirtschaften, the online platform « Sustainable Development » (www.nachhaltigwirtschaften.at)
- PV Austria – Photovoltaic Austria Federal Association (www.pvaustria.at)
- Statistik Austria – Bundesanstalt Statistik Österreich (www.statistik.at)

BELGIQUE

- ATTB – Belgium Thermal Technics Association (www.attb.be)
- SPF Economy – Energy Department – Energy Observatory (www.economie.fgov.be)

BULGARIE

- NSI – National Statistical Institute (www.nsi.bg)

CHYPRE

- Cyprus Institute of Energy (www.cyi.ac.cy)
- MCIT – Ministry of Commerce, Industry and Tourism (mec.gov.cy/gr/)
- Cera – Cyprus Energy Regulatory Authority (www.cera.org.cy)
- Ebhek – Cyprus Union of Solar Thermal Industrialists (www.ebhek.org.cy)

CROATIE

- Croatian Bureau of Statistics (www.dzs.hr)
- Hrote – Croatian Energy Market Operator (www.hrote.hr)

TCHÉQUIE

- MPO – Ministry of Industry and Trade – RES Statistics (www.mpo.cz)
- ERU – Energy Regulatory Office (www.eru.cz)
- Czech Wind Energy Association (www.csve.cz)

DANEMARK

- Energinet.dk – TSO (www.energinet.dk)
- ENS – Danish Energy Agency (www.ens.dk)
- PlanEnergi (www.planenergi.dk)

ESTONIA

- Ewpa – Estonian Wind Power Association (www.tuuleenergia.ee/?lang=en)
- Stat EE – Statistics Estonia (www.stat.ee)

FINLANDE

- Statistics Finland (www.stat.fi)
- Sulpu – Finnish Heat Pump Association (www.sulpu.fi)

FRANCE

- Ademe – Agence de la transition écologique (www.ademe.fr)
- Afpac – Association Française pour les Pompes à Chaleur (www.afpac.org)
- AFGP – Association française des professionnels de la géothermie (www.afpg.asso.fr)
- DGEC – Direction générale de l'énergie et du climat (<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr>)
- Enerplan – Syndicat des professionnels de l'énergie solaire (www.enerplan.asso.fr)
- France renouvelables (<https://www.france-renouvelables.fr>)
- Observ'ER – Observatoire des énergies renouvelables (www.energies-renouvelables.org)
- Ofate – Office franco-allemand pour la transition énergétique (<https://energie-fr-de.eu>)
- SER – Syndicat des énergies renouvelables (<https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr/en/home-page/>)
- Sdes – Service des données et études statistiques (<https://www.ecologie.gouv.fr/>)
- Uniclimate – Syndicat des industries thermiques, aéroluques et frigorifiques (www.uniclimate.fr/)

ALLEMAGNE

- Ageb – Working Group Energy Balances – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (www.ag-energiebilanzen.de)
- AGEE-Stat – Working Group on Renewable Energy Statistics (www.erneuerbare-energien.de)
- Agora Energiewende – Energy Transition Think Tank (www.agora-energiewende.de)
- Bafa – Federal Office of Economics and Export Control (www.bafa.de)
- BDEW – Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e.V (www.bdew.de)
- BMWi – Federal Ministry for Economics Affairs and Climate Action (www.bmwi.de)
- BWE – German Wind Energy Association - Bundesverband Windenergie (www.wind-energie.de)
- BSW-Solar – German Solar Industry Association - Bundesverband Solarwirtschaft (www.solarwirtschaft.de)
- BWP – German Heat Pump Association – Bundesverband Wärmepumpe (www.waermepumpe.de)
- Federal Network Agency – Bundesnetzagentur (www.bundesnetzagentur.de)
- Dena – German Energy Agency – Deutsche Energieagentur (www.dena.de)
- Biogas Association – Fachverband Biogas (www.biogas.org)
- Fraunhofer-ISE – Institut for Solar Energy System (www.ise.fraunhofer.de/)
- GtV – Geothermal Association – Bundesverband Geothermie (www.geothermie.de)
- UBA – Environment Agency – Umweltbundesamt (www.umweltbundesamt.de)

GRÈCE

- Cres – Center for Renewable Energy Sources and Saving (www.cres.gr)
- Deddie – Hellenic Electricity Distribution Network Operator S.A. (www.deddie.gr)
- Ebhe – Greek Solar Industry Association (www.ebhe.gr)
- Helapco – Hellenic Association of Photovoltaic Companies (www.helapco.gr)
- HWEA – Hellenic Wind Energy Association (www.eletaen.gr)
- Ministry of Environment and Energy and Climate Change (<https://ypen.gov.gr/>)

IRLANDE

- Eirgrid (www.eirgridgroup.com/)
- Reio – Renewable Energy Information Office (www.seai.ie/Renewables/REIO)
- SEAI – Sustainable Energy Authority of Ireland (www.seai.ie)

ITALIE

- Assotermica - Associazione produttori apparecchi componenti per impianti termici (<https://www.anima.it/associazioni/elenco/assotermica/>)
- Enea – Italian National Agency for New Technologies (www.enea.it)
- GSE – Gestore servizi energetici (www.gse.it)
- Terna – Electricity Transmission Grid Operator (www.terna.it)

LETTONIE

- CSB – Central Statistical Bureau of Latvia (www.csb.gov.lv)

LITUANIE

- LS – Statistics Lithuania (www.stat.gov.lt)

LUXEMBOURG

- NSI Luxembourg – Service central de la statistique et des études économiques
- Le portail des statistiques (Statec) (<https://statistiques.public.lu/fr/index.html>)

MALTE

- MRA – Malta Resources Authority (www.mra.org.mt)
- NSO – National Statistics Office (www.nso.gov.mt)

PAYS-BAS

- Netherlands Enterprise Agency (RVO) (www.rvo.nl)
- CBS – Statistics Netherlands (www.cbs.nl)
- TNO (<https://www.tno.nl/en/>)

POLOGNE

- URE / Eroure – Energy Regulatory Office of Poland (<http://www.ure.gov.pl>)
- GUS – Central Statistical Office (www.stat.gov.pl)
- Ministry of Energy, Renewable and Distributed Energy Department (<https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe>)
- National Fund for Environmental Protection and Water Management (<https://www.gov.pl/web/nfosigw/>)
- SPIUG – Polish heating organization (www.spiug.pl/)

PORTUGAL

- DGEG – Direção geral de energia e geologia (<https://www.dgeg.gov.pt/>)

ROUMANIE

- INS – National Institute of Statistics (<https://alba.insse.ro/>)

ESPAGNE

- AEE – Spanish Wind Energy Association (www.aeeolica.org)
- Asit – Asociación solar de la industria térmica (www.asit-solar.com)
- Miteco – Ministry for the Ecological Transition and the Demographical Challenge (www.miteco.gob.es/es)

SLOVAQUIE

- Ministry of Economy of the Slovak Republic (www.economy.gov.sk)
- Statistical Office of the Slovak Republic (<https://slovak.statistics.sk>)

SLOVÈNIE

- Surs – Statistical Office of the Republic of Slovenia (www.stat.si)
- Geological Survey of Slovenia (<http://www.geo-zs.si/>)
- JSI/EEC – The Jozef Stefan Institute – Energy Efficiency Centre (www.ijs.si/ijsw)

SUÈDE

- Energimyndigheten – Swedish Energy Agency (www.energimyndigheten.se)
- SCB – Statistics Sweden (www.scb.se)
- Svensk Solenergi – Swedish Solar Energy Industry Association (www.svensksolenergi.se)
- Svensk Vindenergi – Swedish Wind Energy (www.svenskvindenergi.org)
- SKVP – Svenska Kyl & Värmepumpföreningen (skvp.se/)

RÉFÉRENCES POUR LE CHAPITRE SUR LES CAPACITÉS DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

- **Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action**, « Electricity Storage Strategy », December 2023
- **Bundesregierung**, « We're tripling the speed of the expansion of renewable energies », December 2022
- **Gleiss Lutz**, « The bmw's electricity storage strategy – A regulatory boost for electricity storage », February 2024
- **Uniper Energy**, « Uniper recommissions Happurg pumped-storage plant for around €250 million », June 2024
- **RWE**, « RWE starts construction of large-scale battery storage project at two locations in North Rhine-Westphalia », May 2023
- **Akkvita**, « Bakterien als Revolutionäre im Recycling von EV-Batterien: Ein Durchbruch in der Nachhaltigkeit », November 2023
- **Akkvita**, « Batteriekapazität im deutschen Stromnetz 2024 um fast ein Drittel gestiegen », September 2024
- **IEA**, « Poland Electricity Security Policy », June 2022
- **PV Magazine**, « Poland launches tender for 263 MW/900 MWh battery storage system », July 2024
- **URE**, « Electrical energy storage – First report issued by the President of URE », July 2024
- **PV Magazine**, « Spain sets new 2030 energy storage target of 22.5 GW », September 2024
- **Power Technology**, « Top five energy storage projects in Spain », September 2024
- **PV Magazine**, « Spanish developer plans 1 GW solar plant coupled to 80 MW of storage, 100 MW electrolyzer », April 2022
- **solarplaza.com**, <https://www.solarplaza.com/event/solarplaza-summit-energy-storage-spain/program>

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS D'INVESTISSEMENT

- Bloomberg (2024), « Energy Transition Investment Trends 2024 »
- IEA, « Photovoltaic Power Systems Programme »
- WindEurope (2023), « Financing and investment trends 2022 »
- WindEurope (2024), « Wind energy in Europe: 2023 Statistics and the outlook for 2024-2030 »
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (2024), « Wirtschaftliche Impulse durch Erneuerbare Energien, Zahlen und Daten zum Erneuerbaren-Ausbau als Wirtschaftsfaktor »

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES

- Eurostat (2024), « Sold production, exports and imports ds-056120 », [Data set], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ds-056120__custom_8961574/default/table
- Eurostat (2024), « Material flow accounts », Online data code: env_ac_mfa [Data set], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_mfa__custom_9087634/default/table
- Eurostat (2024), « Roundwood, fuelwood and other basic products », Online data code: for_basic [Data set], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for_basic__custom_9082913/default/table
- Eurostat (2024), « Electricity production capacities for renewables and wastes », Online data code: nrg_inf_epcrw [Data set], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_inf_epcrw/default/table?lang=en
- Eurostat (2024), « Cooling and heating degree days by country – Annual data », Online data code: nrg_chdd_a [Data set], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_chdd_a/default/table?lang=en
- J.P. Meyer (2024, June 25), « Difficult market environment for residential solar thermal providers in Germany. Solarthermalworld », <https://solarthermalworld.org/news/difficult-market-environment-for-residential-solar-thermal-providers-in-germany/>

RÉFÉRENCES POUR LES COÛTS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LES PRIX DES ÉNERGIES

- Euro-area-statistics.org, 2024, « Euro area statistics. Averaged bank lending rates over small and large loans »
- PWC, 2024, « Worldwide tax summaries », <https://taxsummaries.pwc.com>
- Eindadvies basisbedragen SDE++, « Debt shares of low, medium and high risk technologies », <https://www.pbl.nl/sde>
- Netherlands Enterprise Agency (RVO), « Stimulation of sustainable energy production and climate transition (SDE++) »
- Eindadvies basisbedragen SDE++, « Debt shares of low, medium and high risk technologies. Cost of equity of low, medium and high risk technologies », <https://www.pbl.nl/sde>
- Body of European Regulators for Electronic Communications (Berec), 2024, « Berec report on WACC parameter calculations according to the European Commission's WACC Notice of 6th November 2019 (WACC parameters report 2024) », European Commission, « Risk free rates for all EU-27 countries based on S&P country credit ratings »

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS DE CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET D'ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉES

- European Commission, « Weekly Oil Bulletin », <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/weekly-oil-bulletin>
- Nasdaq Data Link, « Coal prices », https://data.nasdaq.com/data/BP/COAL_PRICES-coal-prices
- European Commission, « DG Ener, internal market dimension, wholesale gas prices », <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-union-indicators/database>
- Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/>
- Renewable energy in Europe 2024, « Recent growth and knock-on effects », European Environment Agency (EEA), web report, Dashboard, Renewable energy in Europe 2024

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS SUR L'INNOVATION ET LA COMPÉTITIVITÉ

- IEA, International Energy Agency RD&D Online Data Service
- A. Fiorini, A. Georgakaki, F. Pasimeni, E. Tzimas, « Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies », EUR 28446 EN (2017), doi: 10.2760/447418.
- Patent data based on Patstat database 2021 spring version (JRC update: May 2021). The methodology behind the indicators is provided in Fiorini et al. (2017), Pasimeni et al. (2019), Pasimeni (2019), and Pasimeni et al. (2021)

LES BAROMÈTRES EUROBSERV'ER EN LIGNE

Les baromètres d'EurObserv'ER sont téléchargeables au format PDF sur :

www.eurobserv-er.org



RENSEIGNEMENTS

Pour de plus amples renseignements sur les baromètres d'EurObserv'ER, veuillez contacter :

Diane Lescot ou Frédéric Tuillé

Observ'ER
20 ter rue Massue
94300 Vincennes
Tél. : +33 (0)1 44 18 00 80
E-mail: diane.lescot@energies-renouvelables.org
Internet: www.energies-renouvelables.org

Planning des baromètres thématiques EurObserv'ER pour 2025

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Éolien | >> Mars 2025 |
| Photovoltaïque | >> Avril 2025 |
| Solaire thermique | >> Juin 2025 |



Directeur de la publication : Diane Lescot
Rédacteur en chef adjoint : Frédéric Tuillé
Coordination éditoriale : Romain David, Kathia Terzi
Rédacteurs : Observ'ER (FR), TNO (NL), Renewables Academy (RENAC) AG (DE), Fraunhofer ISI (DE), VITO (Flemish Institute for Technological Research) (BE) et Statistics Netherlands (NL)
Secrétaire d'édition : Charlotte de L'escale
Conception graphique : Lucie Baratte/kaleidoscopeye.com
Maquette : Alice Guillier
Pictos : bigre! et Lucie Baratte/kaleidoscopeye.com
Crédit photographique de la couverture : Mika Pakarinen - Gasum
ISSN 2555-0195



OBSERV'ER

20 ter rue Massue

94300 Vincennes

Tél. : +33 (0)1 44 18 00 80

www.energies-renouvelables.org

